Aus dem anatomischen Institut der Universität Erlangen
(Vorstand: Prof. Dr. med. Albert Hasselwander)

Eine anatomische Nachprüfung von stereo-röntgenographisch lokalisierten Steckschüssen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Rudolf Miehr
aus München

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Mai 1937

Buchdruckerei Max Döres, Erlangen, Rückertstraße 1
1937

937/377

Dekan: Geheimrat Prof. Dr. Jamin

Referent: Prof. Dr. Albert Hasselwander

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsangabe.

Seite

A. Einleitung 1

B. Die Steckschußlokalisationsmethoden 4

1. Magnetisch-galvanisches Verfahren . . . 4

2. Röntgenoskopische Untersuchungsmethoden . . 5

a) Rotationsverfahren
b) Verschiebungsverfahren
c) Punktierung

3. Röntgenoskopische Operationen 14

4. Röntgenographische Lagebestimmungen . . 16

5. Die stereoskopische Lagebestimmung . . . 22

C. Die Fremdkörperlokalisation mittels der objektiven Stereoskopie nach A. Hasselwander 26

D. Zusammenfassung 34

Bilder . . . . . 35—39

Literaturverzeichnis 41

Lebenslauf 44

A. Einleitung.

Der Ausbau der Methoden einer exakten Untersuchung der Anatomie des lebenden Körpers mit Hilfe der Röntgenstrahlen, welcher am anatomischen Institut in Erlangen seit Jahren eifrige Pflege findet, lenkt auch von Zeit zu Zeit immer wieder die Aufmerksamkeit auf eine Aufgabe, die im vergangenen Krieg von größter Wichtigkeit war, in den darauf folgenden Jahren des Friedens aber begreiflicherweise sehr in Vergessenheit geraten ist, die Frage der Steckschußlokalisation. Sie ist ja im weiteren Sinne betrachtet auch eine topographisch-anatomische Aufgabe, denn hier handelt es sich um die sichere Klärung der anatomischen Konstellation unter den durch das Trauma gesetzten besonderen Verhältnissen. Um so mehr als es auch an der Leiche möglich ist, solche Lageverhältnisse zu schaffen und in aller Gründlichkeit zu studieren, lag es nahe, einmal eine systematische Untersuchung dieser Aufgabe zu unternehmen.

In den folgenden Ausführungen soll über deren Ergebnisse berichtet werden, mit dem Ziel, dadurch zu der sichersten Art des Vorgehens bei der Untersuchung und Behandlung von Steckschußverletzungen zu gelangen.

Da aber eine wahrhaft verwirrende Fülle von Vorschlägen und Verfahren auf diesem Gebiete besteht, war es geboten die bestehenden Methoden einer gründlichen Würdigung und Vergleichung zu unterziehen, ehe die im anatomischen Institut angestellten Untersuchungen beschrieben werden.

Aufzeichnungen über die Häufigkeit von Steckschüssen im Weltkriege sind nur vereinzelt zu finden. So hat Marwedel unter den Infanteriegeschoßverwundungen seines Arbeitsbereiches als Chirurg 16,6 %, bei den Schrapnellkugelverwundungen 40,6 % und den Granatsplitterverletzungen sogar 42,3 % Steckschüsse beobachtet.

Der Indikation zur Entfernung der Geschosse waren, solange die Lokalisationsmethoden noch umständliche und äußerst schwierige Wege gehen mußten, wie dies noch zu Beginn des Weltkrieges der Fall war, doch sehr enge Grenzen gesetzt. Zwar gibt Wachtel Ende des Jahres 1914 bereits 70 Lokali-

sationsverfahren an, von denen jedoch keines den Anforderungen, die der Chirurg an ein solches Verfahren stellen muß, genügte. Aus diesem Grunde wurde man während des Weltkrieges nicht müde, nach immer vollkommeren Methoden zu forschen. Nach Hirsch erhöhte sich die Anzahl der Verfahren bis Ende des Weltkrieges auf 200. Nach meinen Nachforschungen in der einschlägigen Literatur erscheint mir diese Zahl viel zu hoch gegriffen zu sein, denn es handelte sich nur bei wenigen Verfahren um die Aufstellung wirklich und grundsätzlich neuer Wege auf diesem Gebiete, sondern vielmehr meistens um unbedeutende Abänderungen einer schon bekannten Lokalisationsmethode.

Welche Rolle dieses Problem im Weltkriege spielte, mag man daraus ersehen, daß im Jahre 1917 in Köln, Goebenstraße 3, ein Lehrinstitut für röntgenologische Lagebestimmung gegründet wurde. Dort wurden an Hand von Steckschußfällen aus dem Bereiche des VIII. Armeekorps die verschiedensten Methoden gelehrt. Auch der Wunsch nach eigenen Steckschußlazaretten wurde gegen Ende des Krieges immer lauter.

Unterdessen hatte man sich ja auch daran gewöhnt, viel häufiger eine operative Beseitigung der Geschosse aus dem menschlichen Körper vorzunehmen, als zu Beginn des Krieges. Grashey, eine Autorität auf diesem Gebiete hat für die Indikation der operativen Entfernung von Steckschüssen grundsätzliche Ausführungen gemacht. Unter allen Umständen müssen nach ihm entfernt werden: Steckschüsse, die offenbar im Bereiche einer lebhaften Infektion liegen oder eine solche erwarten lassen, oder eine chronische Eiterung unterhalten; ferner sollen entfernt werden: solche, welche Beschwerden machen oder voraussichtlich machen werden, außer, wenn die Operation verhältnismäßig schwierig und gefährlich ist. Zuletzt sollen auch Fremdkörper, welche weder Beschwerden machen noch solche erwarten lassen, dann entfernt werden, wenn sie leicht erreichbar sind.

Die Erfahrungen der Nachkriegsjahre zeigen uns aber, daß man nach Möglichkeit jedes Geschoß entfernen muß, wenn durch den operativen Eingriff voraussichtlich das Leben des Patienten nicht gefährdet wird. Es ist zur traurigen Tatsache geworden, daß eine ganze Reihe von Steckschüssen, die in den ersten Jahren keine nennenswerten Beschwerden verursachten, heute zu großen Uebeln ihrer Träger geworden sind. Eine umfassende Statistik über die Rolle, welche Steckschußverletzungen im Versorgungswesen spielen, ist mir nicht bekannt geworden.

Um mir wenigstens an einem Beispiel aus einem kleinen Bezirk eine Stichprobe zu verschaffen, habe ich bei der Allgemeinen Ortskrankenkasse Erlangen Auskunft erbeten und dankenswerter Weise erhalten. Sie geben folgendes Bild: Von etwa 130 Kriegsbeschädigten, die der Allgemeinen Ortskrankenkasse Erlangen zugeteilt sind, sind 7 Steckschußverletzte, die immer wieder auf Kosten des Reiches ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen müssen. Darunter befinden sich 2 Gehirnsteckschußverletzte, die beide 100 % Rente erhalten, ferner ein Steckschuß in der Lunge, in der Hüfte und im Bauch. Die letzteren 4 Beschädigten sind zwar nicht ständig in ärztlicher Behandlung, da sie aber versuchen eine Erhöhung ihrer nur 40 % igen Rente zu erzielen und dazu bei den Versorgungsbehörden den entsprechenden Nachweis erbringen müssen, sind sie trotzdem immer wieder gezwungen einen Arzt aufzusuchen. Ein anderer Kriegsbeschädigter hat einen Steckschuß in der Nähe der Aorta und erhält 90 % Rente. Er ist im Jahre mindestens einen Monat völlig arbeitsunfähig. In diese Aufstellung sind jedoch alle jene an Steckschüssen leidenden Beschädigten, die Kassenmitglieder sind, noch nicht mitinbegriffen. Nach glaubhaften Angaben soll ihre Anzahl aber für den Bezirk Erlangen 3—4 % ausmachen.

B. Die Steckschußlokalisationsmethoden.

Um Steckschüsse in einem Körper aufzufinden, ging man ursprünglich dem Schußkanal nach und suchte z. B. mit einer Sonde an das Projektil heranzukommen. Bei der geringen Durchschlagskraft der Geschosse des 19. Jahrhunderts blieb dabei häufig der gewünschte Erfolg nicht aus.

1. Magnetisch-galvanisches Verfahren.

Aber schon im Kriege 1870/71 kannte die Chirurgie mehrere Methoden, bei denen die Elektrizität zum Nachweise metallischer Projektile diente. Elektrischer Strom zeigte durch seinen Kurzschluß an einer magnetischen Nadel oder an Läutwerken an, sobald die in Form von isolierten Nadeln in die Operationswunde eingeführten Stromzuleitungen auf das Geschoß gestossen sind.

Auch noch während des Weltkrieges wurden solche elektrische Fremdkörpersonden zur Lokalisation von Geschossen verwendet. Teils waren es einteilige Sonden, wie die von Alex, Graham Bell, welche später von Harvey Girdner verbessert wurde und als Telephonsonde diente, teils zweiteilige Sonden, wie die von Wattkin, Jödicke und Cohen. Die elektrische Sonde von Wattkin ist in der Weise konstruiert, daß bei Berühren des Geschosses durch den stattfindenden Stromschluß ein Galvanoskop zum Ausschlag gebracht wird.

Jödicke ist mit seinen Kugelsucherapparat im Jahre 1915 hervorgetreten. Er verbindet eine sondenförmige zugespitzte Pinzette, die durch eine Isoliermasse getrennt ist, am Ende mit einer gewöhnlichen elektrischen Taschenlaterne. Bei der Berührung mit dem Geschoß leuchtet die Taschenlaterne auf. Bei unverletzter Haut oder dort, wo tiefe Sondierungen vorzunehmen sind, ist das Instrument derart abgeändert, daß die Enden in 2 feinen spitzen Nadeln auslaufen, mit denen man in die Tiefe eindringen kann.

Auch der Sonde von Cohen liegt die Ampère'sche Schwimmregel zugrunde. Der Apparat ist mit einer Anzeige-

vorrichtung für die Annäherung der Sonde an das Geschoß und einer Vorrichtung zur Kenntlichmachung der höchsten Annäherung bzw. Berührung des Fremdkörpers mit der Sonde versehen. Hierher gehört auch das von Holzknecht und Wachtel im Jahre 1915 hergestellte sog. Fremdkörpertelephon. Seine Eigenart besteht darin, daß hier als Quelle für den elektrischen Strom im Gegensatz zu den oben kurz erwähnten Verfahren der Körper des Patienten mitverwendet wurde und man die durch das Annähern am Projektil hervorgerufenen Schwankungen dieses Stromes mit Hilfe eines Mikrophons als knarrende Geräusche wahrnehmen konnte.

Diese Verfahren dienten im Weltkriege weniger dazu, um durch sie irgend ein Geschoß vor der Operation zu lokalisieren, vielmehr machte der Operateur während der Operation, nachdem er bereits in der Tiefe, in der der Steckschuß vermutet wurde, angelangt war, davon Gebrauch. Dabei suchte der Chirurg von der Operationswunde aus das umliegende Gebiet unter Benützung irgend einer dieser Methoden nach dem Projektil ab.

Zahlreiche metallische Fremdkörper wurden auch mit starken Elektromagneten lokalisiert und zugleich entfernt. Diese Methode findet heute noch am Auge Verwendung.

2. Röntgenoskopische Untersuchungsmethoden.

Wenngleich in der Anwendung der Röntgenstrahlen für die Untersuchung des Körpers die Aufnahmen vor der Durchleuchtung in größerem Umfang zur Anwendung kam, — und daher auch unter den röntgenologischen Fremdkörperbestimmungen Aufnahmemethoden vor den Durchleuchtungsmethoden erdacht worden sind, so sollen doch diese letzteren hier vor der Besprechung röntgenographischer Verfahren abgehandelt werden und zwar aus dem Grunde, weil sich, wie sich inzwischen zeigen wird, die letzte Vervollkommnung der Lagebestimmung von Steckschüssen wieder von Aufnahmen ausgegangen ist.

Während vor dem Kriege und in den ersten Jahren des Weltkrieges meistens eine der im nächsten Kapitel angeführten radiographischen Verfahren zur Lokalisation von Steckschüssen verwendet wurde, traten gegen Ende des Krieges die röntgenoskopischen Lagebestimmungen in den Vordergrund, indem man versuchte mit Hilfe der Durchleuchtung die Fremdkörper zu lokalisieren. Auch dabei wurden die verschiedensten Wege

beschritten. Die Durchleuchtung besteht bei einer Steckschußlokalisation aus folgenden Einzelleistungen:

1. Zunächst erfolgt eine einfache Betrachtung am Leuchtschirm; dann beobachtet man, ob der Fremdkörper sich mit dem Herzen, dem Zwerchfell beim Schluckakt mit einem aktiv bewegten Muskel oder mit der Zunge, dem Augenlid und dem Augapfel usw. mitbewegt, ferner ob das Geschoß passive Bewegungen wie Drehung des Oberarmkopfes oder Verschiebung der Patella mitmacht. Diese Art der Lagebestimmung von Geschossen nennt man funktionelle Lokalisation.

2. Man führt die Durchleuchtung bei stetiger Rotation des Körperteils zur Ermittlung des dem Fremdkörper am nächsten gelegenen Hauptpunktes und Knochenpunktes aus. Dieses Verfahren stammt von Holzknecht und Grünfeld. Hat man das Geschoß im Leuchtschirm erblickt, so dreht man den Körperteil und richtet sein Augenmerk darauf, ob der Fremdkörper in irgendwelcher Richtung nahe an die Körperoberfläche herantritt oder ob er in der Nähe des Skelettes bleibt (oder in der Tiefe der Eingeweide). Je nach dem Ergebnis dieser Beobachtung entschließt man sich zu einer Lokalisation auf der Haut oder auf Haut und Skelett.

Zunächst soll die Lokalisation auf der Haut näher erörtert werden.

Die am Schirm sichtbare Distanz zwischen Fremdkörperschatten und Hautkontur im Auge behaltend wendet man den Körperteil drehend hin und her und verfolgt diejenige Drehrichtung, bei welcher die Haut-Fremdkörperdistanz geringer wird. Diejenige Stellung, in der sie am kleinsten ist, hält man fest, denn sie soll die wirkliche Entfernung des Fremdkörpers von der Haut ergeben. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß die Divergenz der Strahlen den Abstand etwas größer erscheinen läßt, eine Ungenauigkeit, die die Autoren jedoch ignorieren zu dürfen glauben. Daraufhin zeichnet man die Hautgeschoßdistanz mit Fettstift auf den Schirm.

Die Körperstellung muß aber noch beibehalten werden, da man jetzt zwar die senkrechte Distanz (Tiefe) kennt, jedoch noch nicht den Hauptpunkt, von dem aus gemessen sie gilt. Dieser Punkt wird dadurch gefunden, daß man eine stiftförmige Marke an die Körperoberfläche oder an den Verband heranbringt und auf ihm gleitend bald näher zum Schirm und bald näher zur Röhre hin bewegt. Dabei kann man die Marke mit ihrer Spitze nur im Schatten der Weichteile sehen und nur in einer einzigen Gleitlage in ganzer Länge bis zur Spitze frei.

Diese Stellung der Spitze bezeichnet dann den Hauptpunkt, für den die oben erwähnte Tiefendistanz gilt. Senkrecht unter diesem Punkte in der oben festgestellten Tiefe liegt das Geschoß. Im Falle eines Verbandwechsels wird der betreffende Punkt vom Verband auf die Haut übertragen.

Bei der Lokalisation bezüglich des Skeletts oder eines sichtbaren tiefliegenden Organs verfährt man in gleicher Weise. Man dreht lediglich nach jener Richtung weiter, bei der der Fremdkörperschatten sich von dem Skelettschatten entfernt. Die größte auf diese Weise gewonnene Distanz ist die richtige Entfernung. Allerdings wird dabei wiederum die Vergrößerung der wahren Distanz durch die Divergenz des Strahlenganges unberücksichtigt gelassen.

Die Anwendung dieses Verfahrens ist aber dann ausgeschlossen, wenn man bei der Drehung des Körperteils noch vor der sicheren Auffindung der kleinsten Haut- oder größten Knochengeschoßdistanz auf eine Durchleuchtungsrichtung stößt, in der der Fremdkörper nicht sichtbar ist, sodaß auch nach dieser Drehstellung eine kleinste bzw. größte Distanz nicht zuverlässig ermittelt werden kann.

In diesem Falle verwendet man die Durchleuchtung in zwei aneinander schräg kreuzenden Richtungen mit Markierung der 4 Hauptpunkte und zwar an den Durchtrittsstellen der den Fremdkörper abbildenden Strahlen. Auf dieses Lokalisationsverfahren ist zum erstenmal Exner gestoßen. Von den bei der Drehung nach der obengenannten Methode versuchten Durchleuchtungsrichtungen wählt man 2 aus, die beide den Fremdkörper deutlich erkennen lassen und sich in möglichst großem Winkel schneiden. Dann zeichnet man bei beiden Richtungen, z. B. mit einem Kreuz, sowohl an der Vorderseite hinter dem Leuchtschirm als auch an der entgegengesetzten Körperseite die Stelle auf der Haut an, wo Fremdkörperschatten und Markenspitze zusammenfallen.

Die gewonnenen Hauptpunkte verwertet man:

a) zur Schätzung der Fremdkörperlage nach dem Augenmaße,

b) zu deren Bestimmung nach der Querschnittszeichnung,

c) zur Ermittlung der Aufsuchungsrichtung und Tiefenlage von einem beliebigen Incisionsorte aus.

Das im Weltkriege bekannteste Durchleuchtungsverfahren der Fremdkörperlagebestimmung war die Viermarkenmethode von Levy-Dorn.

Sie eignet sich am besten für Feststellungen im Rumpf. Zunächst legt man die Querschnittsebene fest, dann folgt die Ermittlung des Fußpunktes an Vorder- und Rückseite in einer schrägen Durchleuchtungsrichtung; hierauf dreht man den Körperteil und nimmt noch einmal die Bestimmung der Fußpunkte auf der Haut vor. Nun wird eine Gipsbinde in dem betreffenden Körperquerschnitt angelegt, in der sich die eingefärbten 4 Fußpunkte der Haut abdrücken. Sobald der Gipsverband erstarrt ist wird er in 2 Hälften abgenommen, diese wieder aufeinandergepaßt und durch einen gespannten Faden je 2 zusammengehörige Fußpunkte miteinander verbunden. Im Schnittpunkt beider Fäden liegt dann die Stelle des Fremdkörpersitzes.

Auf ein ähnliches Lokalisationsverfahren hat 1928 Knothe hingewiesen. Die Neuerung liegt in der Anbringung einer Skala von Hautmarkierungspunkten, indem um den zu untersuchenden Körperteil ein mit Bleimarken versehenes Skalenband gelegt wird. Anschließend an die darauf folgende Durchleuchtung nach Levy-Dorn wird mit einem plastischen formbaren Gegenstand (z. B. Bleistab) die Umrißform der Durchleuchtungsebene des Körpers abgenommen und auf Papier übertragen. Daraus kann dann die Lage des Geschosses bestimmt werden.

Sahatschieff hat 1916 eine ähnliche fluoroskopische Methode dargelegt. Auch bei Anwendung seines Verfahrens erhält man 4 Hauptpunkte, aus denen ein Diagramm angefertigt wird, das dem Chirurgen die Wahl des Hautschnittes selbst ermöglichen soll.

Seltener wurde während des Krieges neben der eben genannten Methode auch die von Moritz nutzbar gemacht. Er hatte bereits 1902 seinen Orthodiagraphen konstruiert und später auch zum Zwecke der Fremdkörperbestimmung das Verfahren ausgebaut. 1917 hat er sein Verfahren umgestaltet und verbessert. Auch bei ihm besteht das Ergebnis in der Feststellung desjenigen Punktes auf der Körperoberfläche, der senkrecht über dem Fremdkörper liegt, und in der Ermittlung des Abstandes des Fremdkörpers von diesem Hauptpunkt.

Ein ähnliches Verfahren stammt von Neumann aus dem Jahre 1915.

Zu den Methoden mit Rotationsdurchleuchtung gehört auch die von Schmerz 1916 erstmals vorgenommene Art der Fremdkörperbestimmung. Dabei wird in 2 zueinander senkrecht stehenden Richtungen durchleuchtet und mit einem Hautstift auf die Vorder- und Rückseite des jeweils durchleuchteten Teiles

werden je 2 Marken auf die Haut gezeichnet. Sodann werden die Spitzen eines vom Autor erfundenen Meßzirkels in das eine Paar der Markierungen eingesetzt und durch Verschieben eines Zeigers, der sich an einem am Instrument angebrachten Maßstab befindet, die Entfernung des Fremdkörpers von jener Marke der Hautoberfläche abgelesen, die der Zeiger mit seiner Spitze berührt. Die Wahl der beiden Hautmarken, auf welcher die Zirkelspitzen gesetzt werden, hängt von der Lage des Punktes ab, von dem man aus operativ eingreifen will.

Den verschiedenen Methoden der Rotationsdurchleuchtung sollen nun die Verfahren folgen, bei denen die Verschiebungsdurchleuchtung Verwendung findet.

Holzknecht, Sommer und Mayer traten im Jahre 1916 mit einer Art der Durchleuchtungslokalisation hervor, bei der zur Feststellung die Blendenränder benützt werden.

Wenn man am Leuchtschirm den Fremdkörper erblickt hat, verengt man die Blende maximal und bringt den Schatten in die Mitte des Blendfeldes. Hierauf betastet man mit einem sichtbaren Stab hinter dem Schirm die Haut solange, bis sich das Stabende mit dem Fremdkörperschatten deckt, und markiert dann diesen Hautpunkt (Fußpunkt). Nun wird die Blende maximal erweitert und die Röhre mit der Blende soweit verschoben, bis der Fremdkörperschatten zur Hälfte hinter der Blende verschwunden ist. An der Stelle des Schattens wird nun ein Zeichen angebracht. Wenn man dann nach der anderen Seite der Blende hin dasselbe wiederholt hat, kann man mit einem besonderen dazu bestimmten Tiefenmaßstab und mit Hilfe der beiden gezeichneten Punkte die Tiefe des Geschosses im Körper abmessen.

Im gleichen Jahre haben Heberle und Kaestle diese Methode insofern geändert, als sie statt der 2 Blendenränder nur einen, diesen aber zweimal, benützten. Zuerst verwenden sie den Blendenrand für den Fremdkörper und dann denselben noch einmal zur Bestimmung einer Hautmarke, welche im Normalstrahl über dem Fremdkörper liegt.

Um die Anwendung dieses Lokalisationsverfahrens auch während der Operation zu ermöglichen, hat Aman dazu einen sterilisierbaren Durchleuchtungsschirm konstruiert.

Eine andere im Kriege aber selten gebrauchte Methode war das von Kreuzfuchs schon 1910 beschriebene Verfahren, das eine Kombination von Durchleuchtung und Messung darstellte.

Rautenkrantz vermehrte die Anzahl der Methoden im Jahre 1916 durch sein Lokalisierungsverfahren von Geschossen in Brust und Bauch mittels einer Stärkebinde.

Hierbei wird zunächst der Fremdkörper auf dem Röntgenschirm aufgesucht, worauf man dem Patienten eine Stärkebinde in der Weise anlegt, daß der Fremdkörper von ihr bedeckt wird. Sobald die Binde starr geworden ist, folgt eine zweite Durchleuchtung, bei der man auf Vorder- und Rückseite die Punkte sucht, die sich mit dem Fremdkörperbild decken, und diese sodann auf Binde und Haut anzeichnet. Dasselbe ist nun bei verschobener Röhre noch einmal vorzunehmen. Die feste Stärkebinde soll eine zuverlässige räumliche Vorstellung von der Lage des Geschosses gewährleisten.

Ein Spezialinstrument zur Fremdkörperlokalisation mittels Durchleuchtung hat Schmidt 1915 hergestellt, das eine Schieblehre darstellt, deren 2 Schenkel in Ringen endigen. Bei der Durchleuchtung ist der Fremdkörper innerhalb der beiden sich deckenden Ringe zu bringen. Sobald dies gelungen ist wird durch einen Fingerdruck automatisch eine Schreibvorrichtung in Tätigkeit gesetzt, die die betreffenden Hautpunkte innerhalb der Ringe mit festhaftender Farbe markiert. Auf diese Weise erhält man auf der Vorder- und Rückseite des Körperteils 2 Punkte, zwischen denen der Fremdkörper unbedingt liegen muß. Außerdem zeigt ein bei der Rekonstruktion auf die Ringe aufgesetztes Richtungsstäbchen die Richtung an, in welcher der Fremdkörper zu finden ist. Bei bestimmter Anordnung des Kugelsuchers ist es nach Angabe des Konstrukteurs auch möglich, die Tiefenlage des Geschosses unmittelbar abzulesen.

Schwarz bestimmte die Tiefe bei der Durchleuchtung vermittels eines Lokalisatorhackens. Dieser besteht aus einem einfachen Stiel, an dem 2 rechtwinklig abgebogene Metalldrahtbügel sitzen, die in einem Abstand von 3 cm übereinander angebracht sind.

Duken schlägt in seiner Veröffentlichung: „Ueber Fremdkörperlokalisation“ vor, die Lokalisierung mit Hilfe von Durchleuchtungen direkt auf den Körper zu übertragen und die von ihm selbst angegebenen dabei entstehenden Fehlerquellen dadurch auszuschalten, daß man mit zentrierter Röhre arbeitet (zentriert nennt man eine Röhre, wenn der mittlere Röntgenstrahl genau durch den Mittelpunkt der Blende geht und zwar mittels einer Zentriervorrichtung senkrecht zur Blende).

Welche verschiedenartigsten Wege man zur Lösung der Lokalisationsfrage eingeschlagen hat, zeigt auch die röntgeno-

logische Lagebestimmung von Steckgeschossen mittels des faradischen Stromes. Heinrich Wachtel, der Vater dieses Verfahrens, nennt es die myotopische Lokalisation.

Sein Prinzip ist grundlegend folgendes:

Während der Röntgendurchleuchtung reizt man die einzelnen Muskeln durch eine im Röntgenlicht sichtbare Reizelektrode, indem man diese in der Reihenfolge an die durch aufgeklebte Reizleitungsmarken im Röntgenlicht ersichtlich gewordenen motorischen Reizpunkte legt. Nun wird das Verhalten des Steckgeschosses beobachtet. Man erkennt vor allem, ob das Geschoß am Durchleuchtungsschirm während der Reizung irgendwelche Bewegungen erfährt, wie groß diese sind, in welcher Richtung sie gehen und besonders wichtig ist zu sehen, bei Reizung welcher Reizpunkte sie auftreten.

Zur anatomischen Lagebestimmung eines in der Muskulatur gelegenen Steckgeschosses kann die Methode der elektiven Reizung der einzelnen Muskeln mit faradischen Strom während der Durchleuchtung benützt werden, da sich aus dem Verhalten des Geschosses seine myotopische Lagebestimmung ergibt.

Es leuchtet jedoch ein, daß alle diese Verfahren nicht für sich allein genügten, denn kleinere und kleinste Splitter konnten immer nur auf photographischem Wege dargestellt und erkennbar gemacht werden. Um die Gewißheit zu haben, daß jeder Splitter erfaßt wurde, war zum mindesten eine Uebersichtsaufnahme notwendig.

Durch die Rosenthal'sche Präzisionsdurchleuchtungsröhre wurde 1918 die Schärfe des Bildes allerdings soweit verbessert, daß man auch kleine Splitter in der größten Anzahl von Fällen nachweisen konnte.

Eine andere Art, Geschosse mittels Röntgenlicht zu lokalisieren, war die sogenannte Fremdkörperpunktion.

Perthes kam wohl als erster auf den Gedanken, bei der Durchleuchtung vor der Operation unter abwechselnder Betrachtung von vorne und der Seite eine Sonde in Form einer kräftigen Nadel bis an den Fremdkörper heran einzustechen und bei folgender Operation dann dieser Nadel entlang vorzugehen.

Um das Rückgleiten der Nadel zu verhindern, haben Holzknecht und Grünfeld 1916 diese mit einem Widerhaken versehen. Sie nannten diese Art der Aufsuchung Fremdkörperharpunierung.

Die in dem Körper bei der Operation als Wegweiser dienende Nadel hat Foramitti aus Wien durch eine Injektion ersetzt. Nachdem man mit der Injektionsnadel unter Beleuchtung des Röntgenlichtes an das Geschoß herangekommen war, wurde während des Wiederzurückziehens der Nadel Methylenblau eingespritzt. Bei der Operation ging man dann der dadurch erfolgten Markierung nach. Dasselbe Verfahren verwendete v. Heinleth.

Nach der Beschreibung erscheint diese Art der Lagebestimmung als einfache und verhältnismäßig rasche Lokalisationsmethode.

Die Praxis hat jedoch nur zu bald erhebliche Mängel aufgedeckt. Die Unbrauchbarkeit des Verfahrens wurde vor allem dadurch bedingt, daß die Markierungsflüssigkeit neben dem Operationswege auch in der weiteren Umgebung desselben zu einer Verfärbung des Gewebes geführt hat.

Um diese irreführende Färbung der Operationswunde durch abfließende Farbe zu vermeiden, hat Lilienfeld eine neue Methode mit einer Trockenfarbnadel ausgearbeitet.

Die Nadeln werden vorher in Tusche mehrmals eingetaucht und dann getrocknet. Nach Einführung der Nadel läßt man diese 30 Sekunden stecken. Nach Entfernung der Nadel ist sodann nur der eigentliche Weg gekennzeichnet.

Gillominot gab die Richtung mittels eines Wegweisers an, der während der Durchleuchtung auf das Geschoß eingestellt wurde. Er wurde außerhalb des Körpers aufgestellt und sollte ein Visieren und Richten auf dem Fremdkörper während der Operation ermöglichen.

Denselben Zweck verfolgte auch Schwarz mit seiner sog. Wegweisersonde. Auch er sticht die Nadel nicht ein, sondern läßt sie, auf den Fremdkörper gerichtet, über der Incisionsstelle in einem Träger befestigt schweben. Während der Operation wird sie, wenn nötig, in die Wunde vorgeschoben. Körperteil und Sondenträger müssen bei den beiden zuletzt genannten Methoden unverrückt fixiert werden.

Keppich hat 1916 zur sicheren Lokalisation von Geschossen folgende Untersuchungsfolge vorgeschlagen: Zuerst macht der Verfasser eine orientierende Durchleuchtung nach dem Rotationsverfahren. Dann folgt eine Röntgenaufnahme, damit auch kleinere Splitter nicht übersehen werden. Hierauf wird bereits nach Vorbereitung des Patienten in einem verdunkelbaren Operationsraume unter Röntgenlicht eine Nadel als Weg-

weiser in Richtung auf den Fremdkörper zeigend eingestoßen und anschließend folgt die Operation bei Tageslicht.

Um eine sichere Lagebestimmung bei Knochensteckschüssen zu erzielen, hat Schäfer 1917 die sog. Vertikalpunktion dargelegt. Nachdem die Tiefenlage nach der Methode von Weski-Fürstenau festgestellt ist, wird auf den Knochen ein Bohrer vertikal aufgesetzt und bis zu der entsprechenden Tiefe eingebohrt.

Manche Autoren traten auch für eine Kombination von Durchleuchtung und Röntgenaufnahme ein. So hat, angeregt durch die Gerlach'sche Methode, Favarger 1915 auf folgendem Wege eine sichere Fremdkörperlokalisation zu erreichen versucht.

Mittels der Durchleuchtung wird zuerst der Hauptpunkt festgestellt, der dem Projektil am nächsten liegt, und mit einer Metallmarke bezeichnet. Ferner werden die Hautschnittpunkte eines das Projektil treffenden Strahles bestimmt. Diese drei Punkte geben eine das Projektil enthaltende Ebene an (Projektilebene). Die Schnittlinie wird auf die Haut aufgezeichnet. Daraufhin wird der Patient so auf den Tisch gelegt, daß die Projektilebene zur Plattenebene senkrecht steht. Auf den zu photographierenden Körperteil legt man einen Metallring von bekanntem Durchmesser parallel zur Plattenebene und so, daß sein Zentrum in der Projektilebene liegt. Die Entfernung dieses Ringes von der Plattenebene wird gemessen. Sodann folgt die erste Aufnahme senkrecht über dem Ring. Nachdem die Röhre beliebig in der Projektilebene verschoben ist, erfolgt auf dieselbe Platte eine zweite Aufnahme. Aus einer Strahlengangskonstruktion, die man aus dem Bilde abgelesen hat, kann man nun die Entfernung des Geschosses von irgend einem Punkte aus errechnen.

Kurz konstruiert bei seiner Orientierungsmethode an Hand von 2 Aufnahmen in 2 aufeinander senkrechten Hauptrichtungen eine Horizontalebene, in der sich der Fremdkörper befindet. Den Aufnahmen geht auch hier eine Durchleuchtung voraus. Die Horizontalebene überträgt man auf die Haut des Patienten. Während der Operation richtet sich der Operateur nach der Horizontalebene, weshalb der Autor die Methode auch Orientierungsmethode genannt hat.

Im Jahre 1916 hat der Autor die Schwierigkeiten, die sich bei einer Doppelaufnahme auf eine Platte ergaben, vermeintlich dadurch beseitigt, daß er jede Aufnahme auf eine andere Platte machte. Auf jeder der Platten müssen aber zwei aufeinander

senkrecht stehende Linien in einer indifferenten Lage gleichzeitig mit dem Röntgenbild in Erscheinung treten, damit von diesen Linien aus die Messung der Fremdkörperschatten ausgeführt werden kann.

Auch Kautzky hat 1916 bei seinem Lokalisationsverfahren eine Verbindung von röntgenphotographischer Aufnahme und orthodiagraphischer Durchleuchtung gewählt. Bei der Berechnung des Fremdkörpersitzes hat man es mit zwei ähnlichen Dreiecken zu tun.

Die Mohr-Seeger'sche Lagebestimmung für Geschosse nimmt ihren Ausgangspunkt von der Durchleuchtung. Man sucht die ungefähre Lage des Fremdkörpers, wobei gleichzeitig der Nahpunkt auf der Haut festgestellt wird, um in möglichster Nähe des Geschosses Lochmarken aufkleben zu können. Dann folgt eine Verschiebeaufnahme, deren Richtung nach zwei folgenden Gesichtspunkten gewählt werden kann:

a) Soll der Fremdkörper in seiner Lage zur Hautoberfläche bestimmt werden, so kann die Verschiebungsrichtung beliebig sein.

b) Soll er in seiner Lage zum nächstliegenden Knochen festgestellt werden, so wird die Antikathode im rechten Winkel zu diesem Knochen verschoben.

Mittels eines Zeichenapparates wird die Stelle, an der der Fremdkörper sitzt, auf Zeichenpapier entworfen und auf den menschlichen Körper übertragen.

Die „von Hofmeister'sche Ringmethode" zur Fremdkörperlokalisation hat 1918 Hirsch erläutert.

Das Verfahren beruht auf der Tatsache, daß ein Fremdkörper nur dann innerhalb eines Hohlraumes liegt, wenn er in keiner einzigen von allen möglichen Projektionsrichtungen außerhalb zu liegen kommt. Den Ring legt man auf die Körperoberfläche, der das Geschoß am nächsten ist, so auf, daß der Fremdkörper möglichst in die Mitte des Ringes zu liegen kommt. Die Bestimmung der Lage des Geschosses erfolgt dann aus zwei Aufnahmen in aufeinander senkrecht stehenden Ebenen.

3. Röntgenoskopische Operationen.

Schon bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen hat man sich mit dem Gedanken befaßt, die Durchleuchtung während der Steckschußoperationen zur Auffindung des Projektils zu verwenden. Die einfachste Art war die, daß man die Ope-

ration ausgesetzt und nach Verbringung des Patienten in ein Röntgenlaboratorium eine Kontrolldurchleuchtung vorgenommen hat. Später wurden Operationstische gebaut, unter deren für Röntgenlicht durchlässigen Platte eine betriebsbereite Röhre befestigt war. Wenn es nun nötig war, verdunkelte man den Raum und beobachtete den Fremdkörper auf dem unterhalb mit einem sterilen Tuch bedeckten Schirm. Um ein rasches Verdunkeln des Raumes zu ermöglichen, hat man auch bei künstlicher Beleuchtung gearbeitet, die durch ein Pedal unterbrochen werden konnte. Die ersten Tische für die röntgenoskopische Operation haben Perthes und Holzknecht entworfen. Diese Tische gelangten im Laufe der Zeit zu immer größerer Vervollkommenheit. Eines der neuesten Modelle ist der Universal-Röntgen-Operationstisch, den 1930 Eichler einführte. Es ist ein kleiner beweglicher Operationstisch mit einem hochspannungssicheren Röntgenapparat. Dieser kann an jeder Steckdose angeschlossen werden. Seitlich ist der Transformator am Wagen angebracht. Zur Durchleuchtung wird die Röhre unter dem Tisch, zu Röntgenaufnahmen über ihm befestigt.

Nicht wesentlich unterscheidet sich von diesem der Tisch Hilgenfeldts. Natürlich war man auch bestrebt eine Röntgendurchleuchtung in einem Raume bei Tageslicht zu ermöglichen.

Zu diesem Zwecke hat Prof. Dr. Grashey als erster ein Krytoskop, das er „Dunkelauge" nannte, erdacht. Während man mit dem einen Auge die Operation überwacht, sieht das andere durch einen Tubus in eine Dunkelkammer, in der das Bild auf dem Leuchtschirm entsteht. 1906 hat der genannte Autor sein Kryptoskop weiter ausgebaut. Diese nun konstruierte Dunkelkammer besteht aus einem Holztubus, dessen eines Ende mit einem mit Bleiglas überdeckten Leuchtschirm abschließt. Am anderen Ende befindet sich eine elastische Schale zum lichtdichten Abschluß am Auge. In dieser kleinen Dunkelkammer ist somit das eine Auge des Operateurs. Der Operationstisch selbst hat eine quadratförmige abnehmbare Platte mit einem Fenster. In dieses Fenster wird ein dünnes Brettchen gelegt, in dessen Mitte ein Schrotkorn mit Heftpflaster aufgeklebt ist. Auf dieses Schrotkorn wird der senkrechte Strahl der unter dem Tisch befindlichen Röhre eingestellt. Da der Kranke dabei so auf den Tisch gelegt werden muß, daß der Fremdkörper ungefähr senkrecht über dem Schrotkorn zu liegen kommt, ist eine vorausgehende annähernde Lagebestimmung des Geschoßes nicht zu vermeiden. Daraufhin wird bis in die zuvor berechnete Tiefe präpariert. Wenn man nun nicht auf den Fremd-

körper gestoßen ist, so wird nach ihm im Röntgenlicht mit Instrumenten getastet. Bei größeren Operationen schlägt Prof. Grashey eine Arbeitsteilung zwischen röntgenoskopierendem und operierendem Arzt vor.

Auch Holzknecht hat zur Ermöglichung der Entfernung der Geschosse unter Röntgenlicht ein binokulares, kastenförmiges Kryptoskop geschaffen.

Einen Fortschritt gegenüber dieser auch als orthoskopische Operation bezeichneten Lokalisation von Geschossen bedeutete die von Wachtel 1918 angegebene klinoskopische Operation. Bisher mußte stets in senkrechter Richtung zum Geschoß und zur Platte des Operationstisches in den Körper eingedrungen werden. In den Fällen, wo bisher der Zwang, senkrecht auf das Geschoß hin zu operieren, eine Operation unter Röntgenlicht unmöglich machte, kann man mit dem von Wachtel zur klinoskopischen Operation konstruierten Tiefenmesser (Bathykopsometer) unter jedem beliebigen Winkel unter Leitung des Röntgenlichtes operativ auf das Geschoß eingehen.

4. Röntgenographische Lagebestimmungen.

Durch die Entdeckung Röntgens 1896 war man weiterhin imstande durch eine einfache photographische Aufnahme die feinsten Splitter im Körper auf der Röntgenplatte festzuhalten. So ist verständlich, daß schon in den allerersten Zeiten der Röntgen-Aera Aufnahmen zur Erkennung von Fremdkörpern gemacht wurden.

Die Annahme, daß man damit einen sicheren Aufschluß über die Lage von Fremdkörpern gewinnen könnte, führte auch dann, wenn die 2 Aufnahmen in 2 aufeinander senkrechten Ebenen zueinander gemacht wurden, freilich alsbald zu Enttäuschungen. Ebenso sicher glaubte man darauf auch den Ort, an welchem sich der Fremdkörper befindet, ersehen zu können. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß dies nur eine scheinbare Lage ist. Man erhält beim Betrachten der Röntgenbilder den Eindruck, als ob das Projektil in der Ebene des ihm zunächst liegenden Skeletteiles liege und von ihm die im Bilde sichtbare Strecke entfernt sei. Eine solche Vorstellung ist natürlich reichlich naiv. Es bedarf doch wahrhaftig weniger Ueberlegungen, um sich darüber klar zu sein, daß das zentralprojektivische Schattenbild die in verschiedensten Tiefebenen liegenden Teile auf eine Ebene und dann noch in verzerrter Weise zusammenprojeziert. Nach den ersten Methoden, die zur Lokali-

sation ausgearbeitet wurden, konnte nur die Tiefe des Lagerungsortes des Fremdkörpers festgestellt werden. Die Autoren haben demnach alsbald etwas sicherere Wege des Vorgehens bei der röntgenographischen Lagebestimmung von Fremdkörpern ausgebaut, die auf geometrische Ueberlegungen gegründet wurden.

So hat Davidson im Jahre 1898 schon ein Doppelbildverfahren zur Tiefenbestimmung an die Oeffentlichkeit gebracht. Unter einem Doppelbild versteht man 2 Anfnahmen auf eine Platte, wobei nach der ersten Aufnahme die Röhre verschoben wird und darauf eine 2. Belichtung der nämlichen Platte erfolgt. Es ist also der Fremdkörperschatten auf einer Platte 2 mal vorhanden. Sind der Abstand der 2 Stellungen des Fokus voneinander und der Abstand von der Platte gegeben, so läßt sich auf Grund zweier ähnlicher Dreiecke die Tiefe des Fremdkörpersitzes berechnen. An Hand eines Rekonstruktionsapparates bestimmte Davidson so die Lage des Geschosses. Dieses Verfahren hat Schürmayer bereits 1900 vereinfacht und abgeändert, indem er an Stelle des metallenen Rekonstruktionsapparates ein hölzernes reckartiges Viereck setzte, das sich im rechten Winkel erhebt. Von einer viereckigen glatten Platte entspringen 2 senkrechte Tragleisten und zwar rechts und links, auf welchen je ein graduiertes Lineal aufgeschraubt ist. Vermittels dieser Vorrichtungen rekonstruierte man dann die Lage des Geschosses im Körper. Fürstenau hat zum Verfahren von Davidson 1907 einen Tiefenmesser in Form eines Meßzirkels hergestellt, was insofern eine Verbesserung darstellte, als es das umständliche mathematische Errechnen der Tiefe ersparte.

Diese Lokalisationsverfahren wurden auch tatsächlich in den ersten Jahren des Weltkrieges am häufigsten verwendet.

Weski schreibt zu Beginn des Jahres 1915 darüber folgendes: „Unter den zahlreichen Methoden der Lagebestimmung von Geschossen (er spricht von 70—80 Arten) hat bisher nur die von Fürstenau 1907 angegebene ihre Brauchbarkeit in allen Fällen bewiesen." Daher wurde dies auch in den meisten Heimatlazaretten und Feldröntgeneinrichtungen im Weltkrieg verwendet.

Das Fürstenau'sche Verfahren beruht auf der Anwendung des Grundsatzes, daß bei gleicher seitlicher Röhrenververschiebung und gleichbleibenden Abstand der Röhre von der Platte (Fokusabstand) alle schattengebenden Punkte von gleichem Abstand von der Plattenfläche auf dieser stets gleich große Abstände der homologen Schatten liefern und umgekehrt (Gillet).

Die Lagerung des Patienten muß bei der Aufnahme dieselbe sein wie bei der Operation. Unter Benützung eines als Fixpunkt dienenden auf der Körperoberfläche aufzulegenden Bleikreuzes, bei einer Fokusplattendistanz von 60 cm werden auf derselben Platte 2 Aufnahmen bei einer Horizontalverschiebung von 6,5 cm gemacht. Unter Zuhilfenahme des von Fürstenau hergestellten Tiefenmessers, welcher in Anlehnung an die der Methode zugrundeliegenden mathematischen Voraussetzungen geeicht ist, wird das Ergebnis von den daran befindlichen Skalen nur mehr abgelesen. Die erhaltenen Messungsergebnisse sind dann auf den Patienten zu übertragen.

Bei gleicher Lage des Kranken wie bei der Röntgenaufnahme überträgt man nun den auf der Platte ausgemessenen Winkel auf die Haut des Verletzten. Man setzt dabei den Mittelpunkt des Winkelmessers auf den Orientierungspunkt auf und läßt seine Grundlinie mit der Orientierungslinie zusammenfallen.

Sodann gilt es den Femdkörperpunkt festzustellen und auf der Haut zu markieren. Um dies rasch und sicher ausführen zu können, hat Weski 1915 einen Indikator dazu hergestellt. Er hat außerdem an Stelle des bisherigen Bleikreuzes ein solches mit zentraler Durchlochung angefertigt. Das eine Kreuzende enthält eine Bohrung zum Einfügen einer Nadel. Das ganze Verfahren in allen seinen Einzelheiten zu schildern würde zu weit führen. Es soll hiermit nur beleuchtet werden, wie außerordentlich umständlich und schwierig das Verfahren ist und wie wenig Aufschluß es dem Operateur geben kann. Es zeigt ihm nämlich lediglich, daß senkrecht unter einem festgestellten Hautpunkt in einer bestimmten Tiefe das Geschoß aufzufinden ist.

Baath hat im Jahre 1916 eine weitere Lokalisationsmethode ausgearbeitet, die jedoch, abgesehen von der Verwendung eines Kurvenblattes statt des Zirkels sich mit dem Verfahren von Fürstenau im Wesentlichen deckt. Die Brüder Baath haben das Verfahren Fürstenau's nach ihrer Meinung 1917 dann insofern einfacher und sicherer gestaltet, daß sie statt des Zirkels einen Maßstab verwendeten, an dem sie ebenso die gesuchten Maße ablesen konnten.

Die Lokalisationsmethode, die Gruenhagen und Runge 1915 erdacht haben, baut sich auch auf der Methode Fürstenau's auf mit dem Unterschiede, daß der von jenem konstruierte Tiefenmesser wegfiel.

Bei der Auswertung der Doppelaufnahmen muß bei einem Abstand der Röhre von der Platte (= h) von 60 cm und einer

Röhrenverschiebung (= a) von 6,5 cm zuerst die Höhenlage des Bleikreuzes über der Röntgenplatte bestimmt werden. Dazu benötigt man noch den Abstand (= b) der Mittelpunkte der beiden Kreuzschatten auf der Platte. Die Höhenlage ergibt sich sodann aus der Formel:

$$p = \frac{b}{a + b} \cdot h.$$

Den Wert p kann man dann an Hand einer Tabelle sofort errechnen. Nun mißt man auf der Röntgenplatte noch die Entfernung (= b_1) der Mittelpunkte der Fremdkörper voneinander und errechnet hierauf damit den Abstand des Fremdkörpers von der Platte (= p) nach folgender Formel:

$$p = \frac{b_1}{a + b_1} \cdot h.$$

Das Resultat liest man ebenfalls an einer Tabelle ab. Nach der Subtraktion der Höhenlage des Fremdkörpers von der des Bleikreuzes erhält man die Entfernung, die angibt, wie weit der Fremdkörper unter dem Bleikreuz liegt.

Die seitliche Lage desselben vom Kreuz wird berechnet nach der Formel:

$$n = \frac{a}{a + b_1}.$$

Alle auf diese Weise gefundenen Werte sind hierauf, wie beim Fürstenau'schen Verfahren auf den Patienten zu übertragen.

Ein ähnliches auf stereometrischer Grundlage beruhendes Verfahren hat Gillet 1906 schon veröffentlicht.

Bei ihm wird zunächst auch eine Doppelröntgenaufnahme bei verschiedener Röhrenstellung auf eine Platte aufgenommen. Die Bestimmung der Lage des Geschosses geschieht vermittels eines Präzisionsröntgenstereometers. Als Ausgangspunkt für die Messung dient ein in nicht zu weiter Entfernung vom Fremdkörper befindlicher beliebiger Punkt der Körperoberfläche, welchen der Autor als äußeren Merkpunkt bezeichnet. Bei der Operation dient als Wegweiser ein Draht, der nach den drei Hauptrichtungen umgebogen ist. Dieser kann während der Operation zur besseren Orientierung aufgelegt werden. Der Hersteller dieses Hilfsinstrumentes nannte ihn eine Dreiebensonde.

Zu diesem Verfahren haben Goerlich und Milozewsky eine Verschiebebahn gebaut und Atzrott 1918 zusätzlich noch

eine Verschiebebrücke. Die Methode selbst wurde dadurch in keiner Weise verändert.

Im November 1914 trat Wachtel mit einem ähnlichen Aufnahmeverfahren an die Oeffentlichkeit. Die Neuigkeit seiner Methode ist der Schwebemarkenlokalisator. Bei einer Doppelaufnahme des Körperteils, in dem man den Fremdkörper vermutet, wird eine besondere über dem Körper befestigte Marke mitphotographiert.

Mit einem Maßstab oder Zirkel werden sodann folgende Werte auf der Platte gemessen:

1. Die Größe eines der Bilder der Schwebemarke
2. Die Entfernung der Bilder der Schwebemarke voneinander
3. Die Entfernung des Bildes des Fremdkörpers der ersten Belichtung von der Mitte des Schwebemarkenbildes der ersten Belichtung
4. Die Entfernung beider Bilder des Fremdkörpers voneinander.

Die Höhe (Tiefe), in welcher der Fremdkörper über der Platte liegt und die Entfernung dessen Fußpunktes von dem Fußpunkte der Schwebemarke werden mit Hilfe der auf den Platten gemessenen Werte aus beigegebenen Kurventafeln einfach abgelesen.

Der von Cromback konstruierte Meßapparat zur Fremdkörperbestimmung besteht aus 3 rechtwinklig zueinander geleimten und geschraubten völlig ebenen Brettchen. Das längste dieser 3 Brettchen, die Hinterwand, hat in 60, 50, 40 und 30 cm Abstand vom Grundbrett waagrechte Querstriche, in denen das Brett von der Mittellinie ausgehend nach beiden Seiten in Zentimeterabständen kleine Löcher enthält.

Zur Anwendung des Apparates geht man auch von einer Doppelaufnahme auf einer Platte aus. Die Fußpunkte werden markiert und auf der Haut wird eine Metallmarke angebracht. Ein vom Röntgenbild gemachter Abzug wird in der Fußpunktlinie durchschnitten und durch 2 einander entsprechende Punkte des Fremdkörper-Markenschattens wird je ein Faden durchgezogen in der Weise, daß man auf der oberen Seite einsticht und den Faden u-förmig durch den anderen Punkt von unten her wieder durchzieht. Die Karte wird an der unteren Platte des Meßtisches so befestigt, daß die Fußpunkte unter die der Röhrenstellung korresspondierenden Löcher zu liegen kommt. Die Fäden werden gekreuzt durch die der Höhenlage unter

Seitenverschiebung der Röntgenröhre entsprechenden Löcher durchgezogen.

Die Kreuzungspunkte der Fäden entsprechen nunmehr der Lage des Fremdkörpers und der Marke, deren Abstand voneinander in den 3 Raumrichtungen zu messen ist.

Auch Scharfe hat 1915 eine Lokalisationsmethode veröffentlicht. Er verwendete sein Verfahren vor allem zur Tiefenbestimmung im Rumpfe. Es wurden 2 Aufnahmen auf einer Platte bei einer Röhrenverschiebung von 10 cm und einem Fokusabstand von 50 cm hergestellt. Auf diese Weise entstehen 2 Bilder, von denen das der ersten Aufnahme deutlicher und kleiner, das der zweiten blasser und größer wird.

Auf einem Tisch rekonstruiert der Autor der Methode den ursprünglichen Strahlengang mit 2 Fäden. Hieraus ergibt sich dann die Entfernung des Geschosses von der Platte.

In demselben Jahre hat Wagener mit Hilfe eines Quadratfeldrahmens aus Metall und eines Parallellineals die Rekonstruktion am Rekonstruktionsapparat zu vereinfachen versucht. Auch er geht von 2 Aufnahmen auf einer Platte aus. Das Grundprinzip des Verfahrens besteht in der Herstellung dreier zueinander senkrecht stehender Ebenen.

Von einer Doppelaufnahme geht auch Würschmidt im Jahre 1916 bei seiner graphischen Methode zur röntgenologischen Lagebestimmung von Fremdkörpern aus. Es wird sowohl die graphische Bestimmung der Tiefe als auch die des seitlichen Abstandes an Hand einer Kurventafel vorgenommen.

Zur gleichen Zeit etwa hat auch noch Frensdorf eine Methode erfunden, bei der mit Hilfe einer Röntgendoppelaufnahme die Lage des Fremdkörpers bestimmt wurde.

Andere Autoren machten zur Bestimmung des Tiefensitzes von Fremdkörpern 2 Aufnahmen auf 2 verschiedenen Platten.

Schon 1909 hat wohl als erster Christop Müller-Immenstadt eine solche Lokalisationsmethode entdeckt. Er hat gleichzeitig 2 in einer Entfernung von 7—10 cm parallel übereinander liegende Platten belichtet. Nach der Aufnahme bleiben dabei die Platten und der zu untersuchende Körperteil in gleicher Lage ruhig liegen. Es wird nun die Röhre ungefähr 8 cm nach der Seite verschoben und hierauf beide Platten in gleicher Weise noch einmal belichtet. So bekommt man 2 Doppelbilder, auf denen die Entfernung zweier gleicher Punkte der Fremdkörperbilder genau abgemessen werden. Ebenso wird die Entfernung

der Schichtseiten beider Platten voneinander festgestellt. Mit den so erhaltenen bekannten Größen läßt sich nun mathematisch die Distanz des Fremdkörpers von der oberen Platte bestimmen.

Christen hat 1915 die Müller'sche Methode so vereinfacht, daß sie sich ohne irgendwelche Rechnung anwenden läßt, da man aus einer graphischen Tabelle das Ergebnis ersehen kann.

Stumpf hat 1916 dieselbe Methode noch etwas verbessert. Im Jahre 1915 hat Meisel ein neuartiges Lokalisationsverfahren mittels metallischer Koordinatensysteme ausgearbeitet. Ein Stück eines gewöhnlichen Drahtgitters wird um die Extremität herumgelegt und jeder zehnte Draht entfernt. Der dadurch entstehende breitere Zwischenraum dient zur Orientierung. Dann werden 2 Aufnahmen auf 2 Platten in verschiedenen Richtungen angefertigt, wobei die Entfernung der Fokuse voneinander ganz belanglos ist. Bei der Aufnahme zeigt sich, daß die den Platten näher liegenden Felder des Drahtgitters kleinere Quadrate, die entfernteren größere Quadrate entwerfen. Auf diese Weise ist es möglich beide voneinander zu unterscheiden. Man liest nun die Lage des Fremdkörpers auf der ersten Aufnahme im Gitter auf der Vorder- und Rückseite ab und sucht auf der Haut dazu den entsprechenden Punkt. Dasselbe geschieht mit der 2. Platte, die in verändeter Röhrenstellung gewonnen wurde.

Dann folgt die Uebertragung in die Ebene auf ein Stück Papier mit dem Zirkel durch Abmessung der verschiedenen durch Verbindung der 4 Punkte gewonnenen Linien. Die auf dem Papier entworfene Figur ergibt das Bild von der Lage des Fremdkörpers Durch die meßbaren Größen ist man imstande, die Lage des Fremdkörpers innerhalb der gewonnenen Richtlinien mit dem Maßstab zu bestimmen. Vermittels einer besonders konstruierten Schieblehre, eines Instrumentes, das außer den beiden vertikalen Zeigern noch einen verschiebbaren mittleren Zeigersucher enthält, kann man für jeden beliebigen anderen Punkt die gerade Entfernung vom Fremdkörper bestimmen.

5. Die stereoskopische Lagebestimmung.

Genau genommen ist die Stereoskopie des Röntgenbildes überhaupt das erste Tiefenbestimmungsverfahren an Röntgenaufnahmen gewesen. Schon 1897 haben Marie und Ribaut die Stereoskopie des Röntgenbildes auf eine durchaus exakte Basis gestellt, ja sogar in ihrem „stereomètre“ eine Vorrichtung

zur Gewinnung von Maßen aus stereoskopischen Bildern angegeben. Natürlich wäre ein solches Vorgehen für Fremdkörperbestimmungen das Gegebene gewesen.

Ein ganz merkwürdiges und schwer zu verstehendes Schicksal ist aber, fast bis in die allerjüngste Zeit, ihren und allen ähnlichen Bestrebungen beschieden gewesen. Man ist über ihre Angaben hinweg gegangen und hat unzählige, oft höchst komplizierte Verfahren, zuweilen von sehr fragwürdiger Sicherheit des Erfolges erdacht, wenn es sich um Gewinnung von Raumrichtigkeit handelte — und tut dies heute noch — warum, ist schwer zu erklären; man möchte fast glauben, die Furcht vor ein paar, im übrigen höchst einfacher Formeln zur Begründung der Methode sei die Ursache gewesen.

So sind in ähnlicher Weise die ausgezeichneten Darlegungen und Vorschläge von Lambertz um 1900 und Drüner (von 1905 an) leider noch nicht nutzbar gemacht worden. Drüner verwendete ein 4 Spiegelstereoskop nach dem Prinzip des Telestereoskop von Helmholtz und stereoskopische Maßstäbe, die in das Bild hineinprojiziert wurden. Freilich waren mit diesem Verfahren außer dem Raumeindruck nur einzelne Maße, also geometrische Beziehungen möglich und dies mag vielleicht mit ein Grund gewesen sein, warum es nicht in der sicher auch erreichbaren Weise weiter ausgebaut worden ist und jahrelang wieder fast in Vergessenheit geriet.

Neu aufgegriffen und in anderer Weise ausgebaut wurde die Stereoskopie des Röntgenbildes um 1910 und dann im Kriege für unseren Zweck angewendet. Außer der Methode von Hasselwander, die später noch eingehend dargelegt werden muß, war es ziemlich gleichzeitig mit ihm Trendelenburg, welcher im Wheatstone'schen Spiegelstreoskop sogenannte halbdurchsichtige Spiegel zum unmittelbaren Manipulieren im Raumbild verwendete. Eine gewisse Aehnlichkeit damit hat auch das Verfahren von Beyerlen. In seinem Geräte sind die Bilder übereinander angeordnet, durch geeignete Vorrichtungen werden die Strahlen in die Augen des Beobachters gelenkt um die Verschmelzung zum Raumbild zu erzielen. Auch mit seinem Instrument ist es möglich mit Hilfe eines im Raumbild herumgeführten Fadens Messungen und Schnittzeichnungen zu gewinnen. Schließlich hat noch P. Stumpf nach dem Kriege eine besondere Anordnung erdacht, um mit dem von ihm angegebenen Betrachtungs-Binokel auch Maße aus dem Raumbild zu gewinnen. —

Damit dürften diejenigen Verfahren angeführt sein, mittels deren man aus Raumbildern auch objektive Feststellungen gewinnen kann.

Daneben gibt es seit den ersten Jahren der Röntgenologie eine große Anzahl von Geräten, welche lediglich einen subjektiven Raumeindruck aus stereoskopischen Bildpaaren zu gewinnen gestatten. Sie alle hier aufzuführen ist überflüssig, da ich gleich hier betonen muß, daß die subjektive Raumschätzung zwar gewiß eine wertvolle Raumwirkung zu erreichen gestattet, aber allen Täuschungen Tür und Tor offen läßt und zu einer sicheren Fremdkörperbestimmung daher nicht zu verwenden ist. Hartert (1914) hat z. B. die Durchleuchtung mit der subjektiven Stereoskopie dadurch kombiniert, daß er unter Durchleuchtung eine ganze Anzahl von Nadeln in die Nähe des Geschosses einführte (er nennt seine Methode geradezu die Nadelkissenmethode) und dann in der hierauf angefertigten stereoskopischen Aufnahme zu ermitteln versuchte, welche Nadel an das Geschoß am nächsten herangekommen war, um dann bei der Operation ihr nachgehen zu können. Daß ein solches Verfahren nicht die endgültige Lösung darstellen kann, wird jedermann einsehen; denn man vergegenwärtige sich nur, zu welchen Konsequenzen man gelangen könnte, wenn man blindlings ohne irgend eine Rücksicht auf die anatomische Konstellation einer solchen eingestochenen Nadel folgen wollte.

Ein anderes Beispiel ist die Methode von Köhler, welcher zwar stereoskopische Aufnahmen verwendet hat, aber außerdem noch die objektive Tiefenfeststellung mit dem Fürstenauzirkel gewann.

Subjektive Stereoskopie mit anderen Verfahren zu verbinden, führt teils zu abwegigen Vorgehen, ist aber andererseits gar nicht notwendig. Denn es ist durchaus möglich, die stereoskopische Betrachtung so anzuordnen, daß das Raumbild mit objektiven Meß- und Nachbildungsmitteln erfaßt, also raumrichtig „ausgewertet“ werden kann.

Was damit erreicht werden kann, soll im Weiteren an dem Hasselwander'schen Verfahren dargelegt werden.

Die außergewöhnlich hohe Zahl der Methoden zur röntgenologischen Lagebestimmung von Fremdkörpern beweist, daß keiner von den zahlreichen eingeschlagenen Wegen ideal ist und allen Anforderungen gerecht wird. Teils sind die Verfahren rein geometrische, wie die Lokalisationsmethode

nach Fürstenau, wobei auf die Topographie des Geschosses völlig verzichtet wird, zum großen Teil sind die Verfahren auch nur bei einzelnen und bestimmten Körperregionen anwendbar, wie z. B. die Harpunierung nach Holzknecht und deren verschiedene Modifikationen. Vielfach sind sie auch sehr kompliziert, sodaß sie oft nur durch den Erfinder allein mit Erfolg angewandt werden konnten.

Den rein geometrischen Lokalisationsmethoden kann die Fremdkörperlagebestimmung mittels Durchleuchtung als das anatomische Verfahren gegenüber gestellt werden. Durch sie wird die anatomische Lage des Geschosses festgestellt, d. h. ob es intrathorakal oder intraabdominal gelegen ist. Außerdem wird seine Beziehung zu bestimmten Fixpunkten und die Tiefe ermittelt.

C. Die Fremdkörperlokalisation mittels der objektiven Stereoskopie nach A. Hasselwander.

Ich wende mich nun der Schilderung des Vorgehens mit dem zuletzt genannten Verfahren zu, dessen Ergebnisse ich auf Anregung Prof. Hasselwanders in anatomischer Präparation einer erneuten Nachprüfung unterzogen habe.

Die Steckschußlokalisationsmethode nach Prof. Hasselwander ist die glückliche Vereinigung von anatomischer und geometrischer Lagebestimmung.

Schon vor dem Kriege hat sich der obengenannte Autor mit der Röntgenstereoskopie beschäftigt und sie zum Studium der anatomischen Lage der Organe am lebenden Körper benützt. Zu Beginn des Krieges hat er dann die objektive Stereoskopie zur Steckschußlokalisation verwendet und in tausenden von Fällen damit erfolgreich Steckgeschosse lokalisiert.

Dem Wunsche des Autors, daß seine Methode einmal das Steckschußlokalisationsverfahren der Zukunft werde, glaubte sich v. Fründ im Jahre 1916 deshalb nicht anschließen zu können, weil nach seiner Ansicht das Verfahren viel zu kompliziert sei. Diese Anschauung kann ich nicht unwidersprochen lassen. Denn wie aus dem weiteren hervorgehen wird, muß gerade ein Verfahren, welches durch 2 Aufnahmen nicht nur alle interessierenden Maße sondern auch das ganze topographische Lage-Bild durch direkte Anschauung und die Möglichkeit unmittelbarer Auswertung, d. h. Gewinnung aller nötigen Orientierung vor Augen führt, als einfacher angesehen werden als alle die Methoden, welche durch mancherlei Konstruktionen doch nur ein Tiefenmaß zu erreichen vermögen.

Noch während des Krieges war vielleicht die Möglichkeit das Verfahren allen Aerzten einfach verständlich zu machen, nicht gegeben. Aber in der Zwischenzeit, während deren auch der Gebrauch des Apparates vom Autor immer mehr vereinfacht wurde, ist der Stereoskiagraph immer mehr ein diagnostisches Hilfsmittel des Röntgenologen geworden. Das

Verfahren hat längst weit über die Aufgaben der Steckschußlokalisation hinaus auf fast allen diagnostischen Gebieten wichtige Dienste geleistet und ist in seinen Grundzügen klar festgelegt.

Anders freilich steht es mit der Kenntnis all der Möglichkeiten, die das Verfahren bietet.

Um ganz systematisch an einer Anzahl von Beispielen die Anwendungsweise darzutun, hat Prof. Hasselwander schon seit Jahren allerhand praktische Versuche unternommen, so z. B. unter anderem Schußversuche an Leichen, um das durch die Lokalisation gewonnene Bild durch die Präparation zu kontrollieren und das Verfahren noch anschaulicher zu machen. Ein Teil der Fälle ist mir zur Untersuchung anvertraut worden und soll nun im Nachfolgenden beschrieben werden. Dieses Untertersuchungsmaterial besteht aus 2 Leichen, an denen wir, noch ehe sie konserviert waren, in vorher planmäßig gewählten Schußrichtungen aus geringer Entfernung Schußverletzungen gesetzt hatten. Diese Versuche werden deshalb an unkonservierten Leichen angestellt, weil davon erfahrungsgemäß viel klarere und bessere Röntgenaufnahmen gemacht werden können als in dem konservierten Zustande, in dem die Weichteile infolge der Veränderung durch die chemischen Einwirkungen wesentlich schlechtere Bilder ergeben.

An den stereoskopischen Raumbildern werden dann die Lokalisationen ausgeführt. Die eine der beiden Leichen wurde hierauf vollkommen durchgefroren und nach dem Lokalisationsplan davon dann Gefrierschnitte angefertigt. Die zweite Leiche, mit konz. Formalin fixiert, diente zu topographischen Präparaten, um daran, ähnlich etwa wie an einer durch die Operation geschaffenen Situation, die Lage des Geschosses zu den Gebilden der betreffenden Region ersichtlich zu machen.

Wenn es auch schwierig war, an der Oberfläche der gefrorenen Leiche genügend markante Punkte für die Orientierung der Schnittebene abzutasten, so zeigte das Ergebnis doch, daß es gleichwohl in jedem Falle gelungen ist, den Schnitt genau in der durch die Lokalisation angegebenen Ebene anzulegen. Hierauf präparierte ich die einzelnen besonders anschaulichen Präparate aus.

Aus dem Pausenbild der Abb. 1 sieht man, wie durch einen kleinen Bleidrahtring die Stelle des Einschusses, um den Schußkanal verfolgen zu können, bei der Aufnahme gekennzeichnet wurde. Die beiden Kreuzchen, die auf dem Bilde zu

sehen sind, geben uns die Markierung der Achsenstrahlfußpunkte an. Als Voraussetzung für die Raumrichtigkeit bei der Betrachtung der Bilder im Stereoskiagraph ist es bekanntlich notwendig, daß die beiden Augen bei der Betrachtung den zugeordneten Bildern in der Fußpunktnormalen, d. h. in Lot über dem Punkte gegenüberstehen, über welchem die Röhre bei der Aufnahme jeweils zentriert war. Der Abstand der beiden Kreuze, die in das Holz der Aufliegeplatte über der Wechselkasette eingelassen sind, bedeuten den Abstand der beiden Röhrenfokuße voneinander. Wird diese „Standlinie" oder Basis bei der Gewinnung der beiden Aufnahmen ebenso groß gewählt wie die Pupillendistanz des Beobachters, kurz ausgedrückt: Aufnahmebasis = Betrachtungsbasis, so ist es möglich, vollkommene Gleichheit aller Maße des Raumbildes mit denen des Objektes zu erzielen. Man arbeitet dann mit sogenannter „Tautomorphie". Sind Betrachtungs- und Aufnahmebasis verschieden, so entsteht ein Modellbild. Die Modellwirkung erfolgt in demselben Verhältnis, in dem die Betrachtungsbasis zur Aufnahmebasis steht. b = 10 auf Abb. 1. Da bei der Aufnahme der Abb. 1 die Röhrenverschiebung gleich 10 cm gewählt worden ist, die Auswertung aber von einem Betrachter mit 7,0 cm Pupillendistanz ausgeführt wurde, hat das Modellbild einen Maßstab von $^{7}/_{10}$ natürlicher Größe.

Ferner zeigt uns das Bild eine Bleidrahtmarke von bekannter Länge (= 10 cm), die mit Leukoplast nach Möglichkeit in der Nähe über dem Projektil auf die Haut aufgeklebt wird. Hat zwischen den beiden Aufnahmen eine Bewegung des aufzunehmenden Körpers stattgefunden, wie dies etwa durch einen Atemzug beim lebenden Patienten im Bereich der Möglichkeit liegt, so zeigt sich bei der Messung dieses Testkörpers sofort die Wirkung der erzeugten „Pseudoparallaxe" durch auffallende Differenz zwischen den Maßen des Raumdinges und Raumbildes an. Man wird dadurch sogleich vor Irrtümern bewahrt; umgekehrt wird man bei richtiger Abbildung dieser „Testmarke" die Sicherheit haben, daß dann, wenn dieses Gebilde von bekannter Größe richtig abgebildet ist, auch unbekannte Größen richtig wiedergegeben sind.

Eine weitere Voraussetzung für die Erzielung von Raumrichtigkeit ist, daß der Abstand der Filme von den Augen bei der Betrachtung im Stereoskop (= Bildweite) ebensogroß ist wie die Entfernung von dem zugeordneten Röhrenfokus bei der Aufnahme: Fokusabstand f. Bei der Gewinnung der Abb. 1 war f = 80 cm. Durch die oben erwähnte „Modellwirkung"

schwebt das Raumbild vor dem Beobachter in $80 \times \frac{7}{10}$ cm, also 56 cm vor den Augen des Untersuchers, demnach also in einer Entfernung, in der von ihm mit den Händen bequem manipuliert werden konnte.

Die Auswertung.

Sobald die beiden Aufnahmen in den Stereoskiagraphen nach A. Hasselwander eingespannt sind, beginnt die eigentliche Lokalisation. Schon die subjektive Betrachtung des vor uns sichtbar werdenden Raumbildes gibt einigen, wenn auch zunächst nur schätzungsweisen Aufschluß über die topographische Lage des Geschosses. Der Betrachter erkennt sofort, daß das Projektil etwas vor dem linken Tuberculum anterius des Processus transversus. des 6. Halswirbels liegen muß, sich aber doch noch hinter dem Kehlkopf befindet. Der Versuch, Maße nach diesem subjektiven Eindruck zu schätzen, sollte gar nicht unternommen werden, denn dabei könnte sehr leicht eine Täuschung unterlaufen. Das ist aber auch gar nicht nötig, denn es steht ja in dem Lichtpunktzeiger ein Mittel zu vollkommen objektiver Feststellung zu Gebote. Diese ist in Abb. 2 dargestellt durch die Vertikalprojektion eines Querschnittes durch das Raumbild in Höhe des 6. Halswirbels.

Mittels einer roten Lichtmarke, mit deren Hilfe der Punkt erfaßt werden kann, stellt man das Vor- und Hintereinander der einzelnen Punkte fest. Mit diesem Lichtpunkt geht man von einem markanten Punkte zu dem anderen. Durch einen, an der fahrbaren Säule, an welcher der Lichtpunkt befestigt ist, vertikal unter dem Lichtpunkt angebrachten Zeichenstift wird die Vertikalprojektion von den markanten Punkten auf eine unterlegte Zeichenfläche aufgezeichnet und so die Schnittebene durch die Verbindung dieser Punkte festgelegt.

Nachdem wir auf diese Weise die Projektilebene und in dieser die Lage des Geschosses zur Haut, zu den benachbarten Skelettpunkten und anderen auf den Bildern sichtbaren Gebilden, wie z. B. dem Kehlkopf bestimmt hatten, machten wir in der Ebene, welche ventral von der Drahtmarke und dorsal vom Processus spin. des 6. Halswirbels bestimmt war, einen Gefrierschnitt. Abb. 3 stellt die Photographie des auspräparierten Querschnittes mit dem Geschosse dar. Vergleichen wir diesen Gefrierschnitt, also die Lage des Geschosses im Präparat mit der des im Raumbild gemachten Querschnittes, so ergibt sich

die volle Uebereinstimmung der topographischen Lage des Projektils zu der Wirbelsäule und dem Kehlkopf, mit dem was uns die Zeichnung angab.

In der Abb. 4, der Kopie eines Röntgenbildes, ist ein Steckschuß im Kopf dargestellt. Niemand wird sich nun irgendwie aus diesem Bilde als Einzelaufnahme über die Lage des Geschosses klar werden können. Abb. 5 führt uns nun aber den mit dem roten Lichtpunkt im Raumbild dieses Steckschusses im Kopf in Höhe der Orbita gewonnenen Horizontalschnitt vor Augen. Dabei erkennt man nun, daß das Projektil direkt in der hinteren Wand der rechten Orbita steckte. Durch einen 1,5 mm über dem Einschuß angebrachten Gefrierschnitt, der im Röntgenbild wieder durch ein Ringlein gekennzeichnet war, wurde das Geschoß freigelegt. Die weitere Präparation bestätigte, daß das Geschoß in der hinteren rechten Orbitawand steckte und zwar genau unter dem n. opticus, wie uns Abb. 6 zeigt, die eine Aufnahme des Präparates von seitlich oben wiedergibt.

Abb. 7 ist das Pausenbild eines Brustschusses. Im Stereoskiagraphen sieht man schon bei bloßer Betrachtung des Raumbildes, daß das Projektil in der Gegend des Querfortsatzes des 5. Brustwirbels lag. Ob aber die Lage hinter diesem Knochenteil, in oder etwas vor ihm ist, könnte bei rein subjektiver Betrachtung zweifelhaft bleiben. Hier war aber dann der Lichtpunkt der sichere Wegweiser. Man konnte ihn an den aufgestellten Punkt verharren lassen und nun durch einäugig abwechselndes Vergleichen der Randkonturen dieses Teils und der Lichtpunktmarke mit vollkommener Sicherheit feststellen, daß es dorsal davon steckte, was dann auf der Vertikalprojektion festgelegt wurde (Abb. 8). Aus Abb. 8 war nun mit Sicherheit zu entnehmen, daß der Fremdkörper hinter dem Proc. transversus des 5. Brustwirbels und 4 cm links des Proc. spin. des 4. Brustwirbels zu liegen kam. Etwas oberhalb des letzteren führten wir den Gefrierschnitt aus und wieder bestätigte sich die getroffene Feststellung der Lage des Geschosses, die vorher schon am Raumbild bestimmt worden war, wie die Photographie des Präparates deutlich zeigt (Abb. 9).

Auf Abb. 10 ist ein Schuß in der Brusthöhle derselben Leiche dargestellt. Während auch hier das einfache Röntgenbild einen Schluß auf die Lage des Geschosses absolut nicht ermöglicht, gibt das Raumbild darüber absolute Sicherheit. Schon die rein subjektive Betrachtung erweckt den Anschein, daß sich der Fremdkörper direkt im Wirbelkanal in Höhe des 9. Brust-

wirbels befindet. Dies mußte aber in objektiver, einwandfreier Weise festgestellt werden, handelt es sich doch hier um eine Frage, die, unter der Annahme, daß hier an einem lebenden Menschen die Untersuchung zu machen wäre, geradezu ein Urteil über Leben oder Tod zur Folge hätte. Die Länge des Schußkanals, der auf der Pausezeichnung eines der beiden Röntgenbilder durch einen Verbindungsstrich zwischen Einschußstelle und Kugel dargestellt ist, beträgt am Röntgenraumbild gemessen 16 cm. Mit Hilfe des roten Lichtpunktes konnte so die horizontale Querschnittsebene aufgezeichnet werden, in der das Geschoß lag (Abb. 11). Durch die sodann mittels eines Gefrierschnittes in Höhe des 8. Brustwirbels vorgenommene Kontrolle wurde die Richtigkeit der Lokalisation wiederum erwiesen (Abb. 12).

Bezüglich der Kugel im Becken, von der Abb. 13 eine Strichzeichnung einer der beiden Einzelbilder („Halbbilder") der Aufnahme darstellt, sieht man im Raumbild, daß sie unter dem 1. rechten Sakralloch im Kreuzbein selbst steckt. Abb. 14 gibt die mittels der Lichtpunkt- und Zeichenvorrichtung gewonnene Vertikalprojektion wieder. Der Schußkanal ist 13 cm lang. Die Richtung, in der der Gefrierschnitt gemacht werden mußte, um das Geschoß zu treffen, erhielt ich aus der Ebene, welche den Einschuß mit den beiden Spin. post. sup. verband. Die auf diese Weise im Raumbild gefundene topographische Lage des Geschosses fand ich auch im Präparat selbst ganz gleich vor (Abb. 15).

Wie A. Hasselwander schon in der Arbeit vom Jahre 1917 mitteilt, und wie mir jetzt auch mündlich von dem Autor berichtet wurde, ist im Kriege auch aus Weichteilen mit seiner Methode unter genauer Einhaltung aller gewonnenen Maße, die Entfernung des Geschosses in zahlreichen Fällen unschwer gelungen. Ein einziger Mißerfolg dieser Art wird dort aufgeführt. Allein auch der Autor empfiehlt mit allem Nachdruck, daß gerade bei reinen Weichteilschüssen die sogenannte Röntgenoperation, derart wie sie von Grashey und Holzknecht angegeben worden ist, in ihre Rechte zu treten hat, wenn absolute Sicherheit verbürgt werden soll.

Ich zeige in Abb. 16 einen solchen reinen Weichteilschuß um daran zu erläutern, wie durch die Präparation das gewonnene Lokalisationsergebnis nachgeprüft wurde und was sich dabei ergab.

Um die Oberfläche, d. h. die Haut des Oberschenkels im Raumbild deutlich feststellen zu können, wurde das Bein bei der Röntgenaufnahme mit einer von Wismut getränkten Binde

umwickelt. Diese ist dann nämlich im Raumbild sichtbar und erhöht so den subjektiven Raumeindruck. Bei der subjektiven Betrachtung des Stereobildes wurde deutlich erkennbar, daß die Kugel nur in geringer Tiefe unter der dem Einschuß entgegengesetzten Hautoberfläche lag. Für die Messung am Raumbild waren dann, einerseits durch die Einschußmarke, andererseits auch durch das Skelett hinreichend Anhaltspunkte vorhanden um die Querschnittsebene genau zu bestimmen in der das Geschoß lag. Sie wurde ermittelt, indem man 0,8 cm distal oder vom Troch. major 17,8 cm distal eine Querschnittsebene durch den Oberschenkel bestimmte. Hier wurde der Gefrierschnitt angelegt, von dem Abb. 19 eine Strichpause darstellt.

Abb. 17 ist der mit Hilfe des Lichtpunktes erhaltene Querschnitt in der Projektilebene. Bei einem Versuch, das Geschoß zu entfernen, würde es sich hier zweifellos darum gehandelt haben, sich sehr genau an die gewonnenen Abmessungen zu halten. Freilich würde es wohl niemals möglich sein, aus solchen Bildern bis auf den einzelnen Muskelquerschnitt genau die Lage des Geschosses zu bestimmen, schon aus dem einfachen Grunde, weil ja doch bei der Operation die Stellung des betreffenden Gliedes nicht in der Form eingehalten werden kann, wie sie bei der Aufnahme war. Daher sollte für die Operation in solchen Fällen die Möglichkeit der Durchleuchtung bereit stehen. Wir haben in die Projektilebene nach einem anatomischen Atlas (R ü d i n g e r) einen Lageplan der einzelnen Muskel eingezeichnet, der in Abb. 18 wiedergegeben ist. Daraus wäre wohl zu vermuten gewesen, daß das Projektil im Musc. Semitendinosus steckt, die Gefrierschnittsebene zeigte die Lage in dem daneben gelegenen Musc. biceps.

Die Wahl des zweckmäßigsten Vorgehens bei der Steckschußlokalisation nach A. H a s s e l w a n d e r im Röntgenraumbild hat einen weiteren Spielraum für das Ermessen des Untersuchers und Operateurs. Dieser hat ja den aufgenommenen Körper als durchdringbares Gebilde vor sich. Es kann ihm je nach Lage des Fremdkörpers ein einfaches Maß genügen, daß man an einem in das Raumbild gelegten Maßstab unmittelbar ablesen kann. Andererseits kann man aber außer der früher beschriebenen Art der Gewinnung von Vertikalprojektionen auch Zeichenflächen in allen beliebigen Stellungen im Raumbild anbringen um darauf Konturen unter der Kontrolle des Auges direkt nachzufahren.

Um noch eine andere, man kann wohl sagen die vollkommenste Art der Auswertung solcher stereoskopischer Bilder

zu zeigen, bilde ich in Abb. 20 ein plastisches Modell eines Steckschußfalles ab, das von Prof. Hasselwander im Raumbild angefertigt worden ist, und zwar in Gegenüberstellung zu dem Präparat, das ich an Hand der gewonnenen Lokalisation an der Leiche ausgeführt habe.

Das Projektil ist am Modell etwas über der Clavicula hinter der Vena jugularis interna links nachgebildet. Abb. 21 zeigt nun durch ein Fenster im M. Sterno-cleidomastoideus des Präparates, daß die Kugel hier genau dieselbe topographische Lage einnimmt wie das Modell. Sie liegt 1,5 cm über der Clavicula hinter der Vena jugularis interna. Diese wurde von mir, um das Geschoß deutlicher sichtbar zu machen, etwas beiseite gedrängt.

D. Zusammenfassung.

Versuchen wir zum Schluß einen Ueberblick über das Ergebnis der vorstehenden Ausführungen zu erhalten, so scheint mir daraus wohl klar hervorzugehen, daß die zahlreichen, man könnte fast sagen zahllosen Versuche, durch Konstruktionen sowohl bei der Durchleuchtung wie bei der Aufnahme den Strahlengang nachzuahmen und damit die Tiefenlage eines Geschosses zu bestimmen, zwar eine gewisse geometrische Lagebestimmung ermöglichen, daß aber zu dieser geometrischen Lokalisation noch eine topographische kommen muß, will man sich über den Sitz des Geschosses und vor allem über die schonendste und sicherste Art des Vorgehens bei der Entfernung des Projektils, also die Indikation, man könnte auch sagen „chirurgische Lokalisation" vergewissern. Dafür bietet die Stereoskopie des Röntgenbildes die erwünschten Möglichkeiten. Sie soll sich aber nicht auf eine subjektive Betrachtung beschränken, sondern man soll objektive exakte Feststellungen daraus zu gewinnen suchen in Form von Maßen, Zeichnungen und vielleicht auch plastischen Nachbildungen.

An einem Falle wurde noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß gerade bei Fremdkörpern in großen Weichteilmassen die Möglichkeit bereitstehen muß, während der Operation unter Röntgenlicht, gerade diejenigen kleinen Abweichungen richtig zu stellen, die sich eben in Weichteilen durch aktive und passive Verschiebungen ergeben können und deren Möglichkeit man in allen Fällen offen lassen muß.

Die manchmal geäußerten Anschauungen, daß die Methode kompliziert sei, wird für den hinfällig, der sich die Mühe genommen hat, die Methode einmal kennen zu lernen.

Bilder.

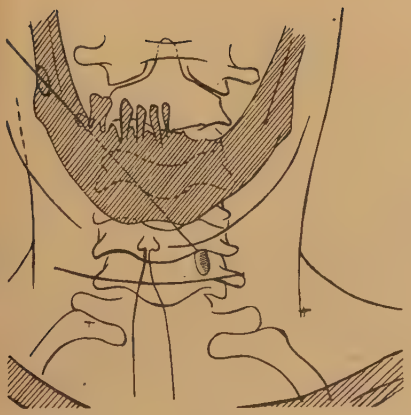

Abb. 1

Pausenbild einer der beiden Stereoaufnahmen eines Steckschusses im Hals

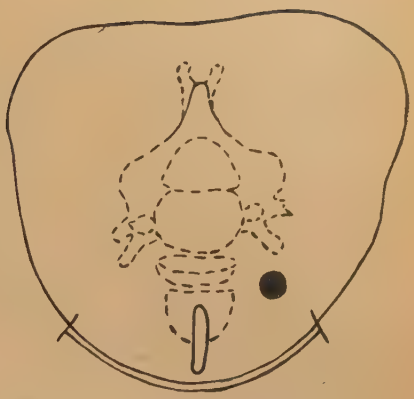

Abb. 2

Querschnitt in der Ebene des Projektils u. der Hautmarke (wagrechter Strich), im Raumbild gewonnen

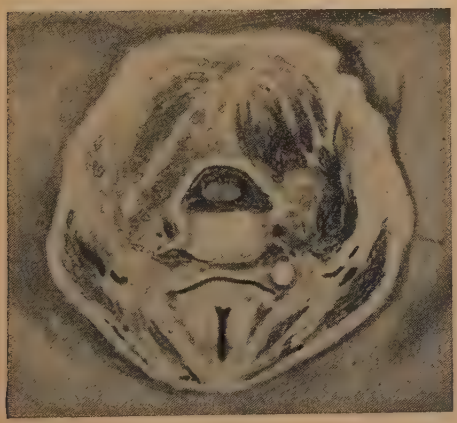

Abb. 3

Kontrolle durch einen Gefrierschnitt in dieser Ebene an der Leiche

Abb. 4

Kopie einer der beiden Stereobilder eines Steckschusses im Kopf

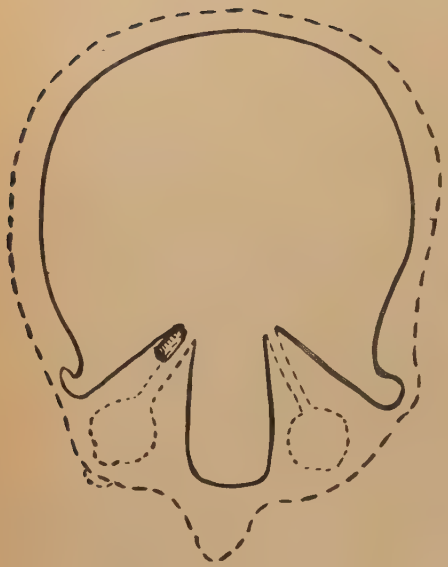

Abb. 5

Die daraus im Raumbild gewonnene horizontale Projektilebene

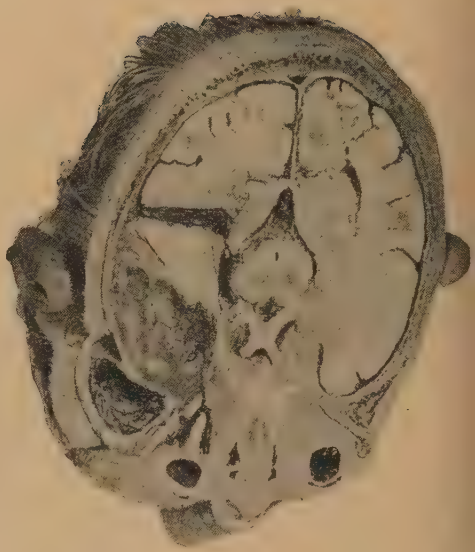

Abb. 6

Kontrolle zu Abb. 5 durch einen Gefrierschnitt in der Projektilebene

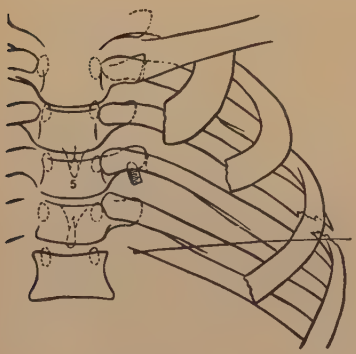

Abb. 7

Pausenbild einer der beiden Stereoaufnahmen eines Steckschusses in der Brusthöhle

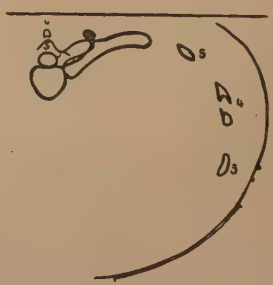

Abb. 8

Die im Raumbild gewonnene Projektilebene in Höhe des 5. Brustwirbels

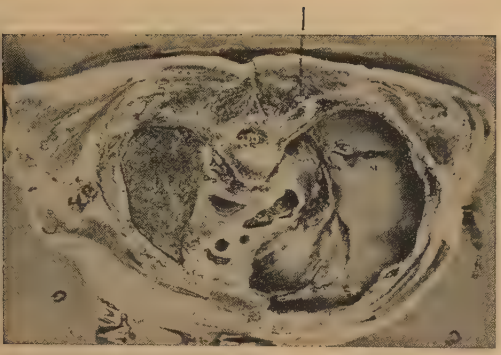

Abb. 9

Die Kontrolle am Präparat

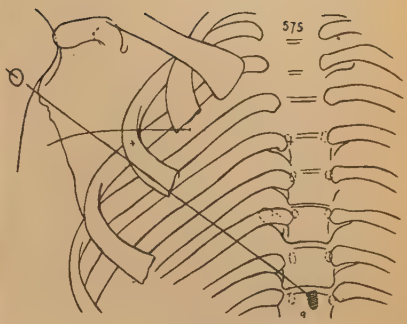

Abb. 10

Pausenbild einer der beiden Stereoaufnahmen eines Steckschusses in Höhe des 9. Brustwirbels

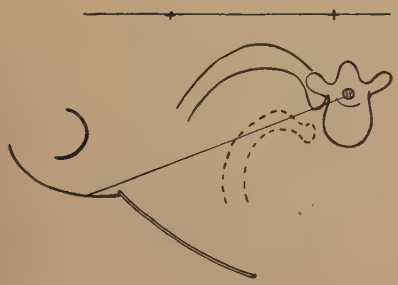

Abb. 11

Die dazu im Raumbild gewonnene Vertikalprojektion des Geschosses

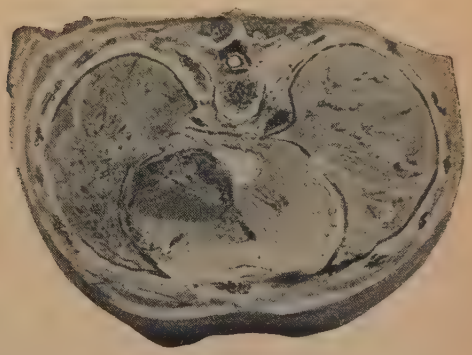

Abb. 12

Kontrolle am Gefrierschnitt in Höhe des 9. Brustwirbels

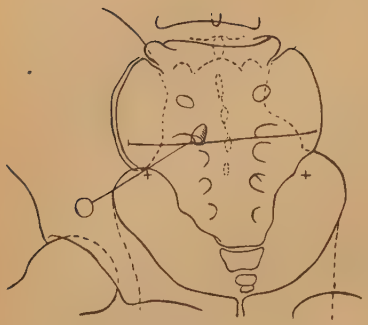

Abb. 13

Pausenbild einer der beiden Stereoaufnahmen eines Steckschusses im Gebiete des Beckens

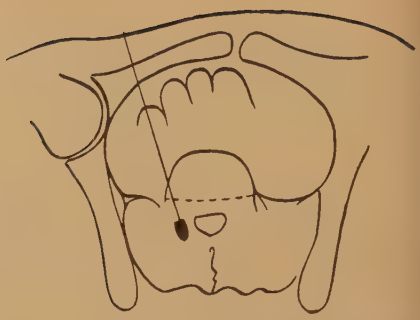

Abb. 14

Vertikalprojektion verschiedener Gebilde dieses Gebietes im Raumbild gewonnen

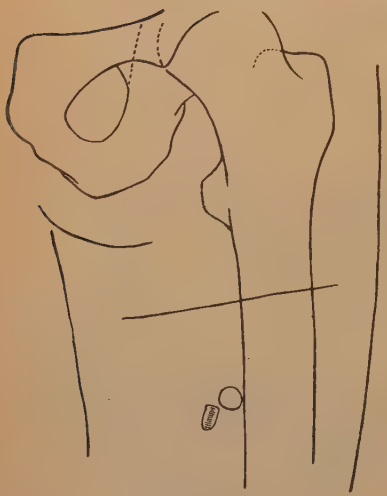

Abb. 16

Pausezeichnung eine der beiden Stereoaufnahmen eines Steckschusses im Oberschenkel

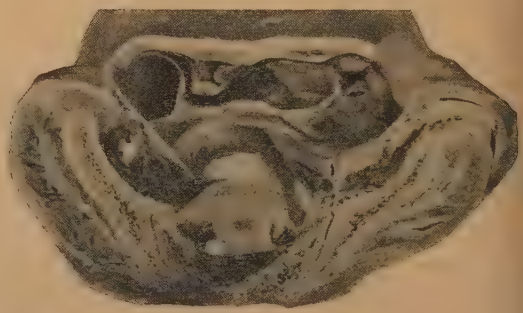

Abb. 15

Kontrolle am Gefrierschnitt der Leiche. Ansicht von unten

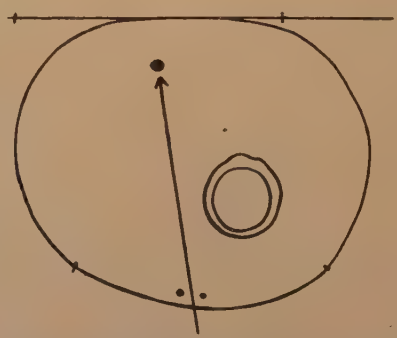

Abb. 17

Ein im Raumbild gewonnener Querschnitt in Höhe des Einschusses ventral und des Projektils dorsal

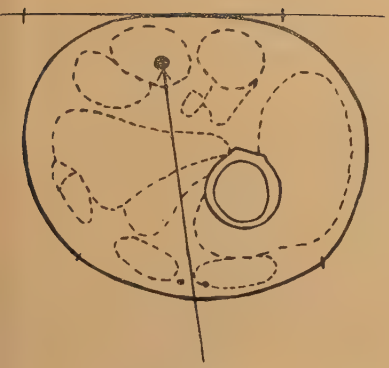

Abb. 18

Versuch nach einem topographischen Atlas in diese Projektilebene die Weichteile einzuzeichnen

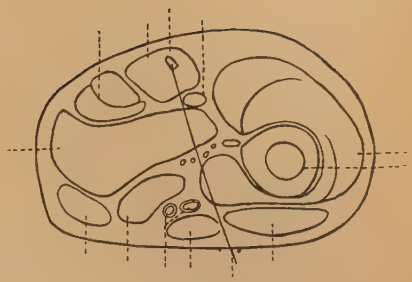

Abb. 19

Pause des Querschnittes an der Leiche. Der Oberschenkel ist durch die Lagerung beim Gefrieren in querer Richtung deformiert

Abb. 20

Ein im Raumbild gewonnenes Modell eines Steckschusses hinter der Vena jug. int. (plastische Pause) von Prof. Hasselwander angefertigt

Abb. 21

Das Präparat des in Fig. 20 modellierten Falles

Zum Schlusse dieser Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Universitäts-Professor

Dr. Hasselwander

für die freundliche Ueberlassung des Themas und entgegenkommende Unterstützung bei dessen Ausarbeitung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Atzrott: Eine neue Verschiebebrücke zur Gilletschen Röntgentiefenbestimmung (D.m.W. 1918, No. 19, S. 524).

Christen: Eine Vereinfachung zur Tiefenbestimmung von Fremdkörpern (Feldärztl. Beilage d.M.m.W. 1915, No. 44.

Cohen: Elektrische Fremdkörpersonde mit Annäherungsanzeigevorrichtg. (Feldärztl. Beilage d.M.m.W. 1915, No. 20.

Cromback: Einfacher Meßapparat zur Fremdkörperbestimmung (Feldärztl. Beilage d.M.m.W. 1915, No. 20.

Drüner: Ueber die Lagebestimmung von Fremdkörpern und über stereoskopische Messung im Röntgenogramm. (Verhandlg. der deutsch. Röntgengesellsch. 1905, Bd. I, S. 217).

Duken: Ueber Fremdkörperbestimmung mit besonderer Berücksichtigung der Augenverletzungen (Feldärztl. Beilage d.M.W. 1915, No. 33).

Eichler: Ueber einen kleinen Universal-Röntgen-Operationstisch (Röntgenpraxis Heft 24, S. 1140).

Favager: Zur röntgenologischen Fremdkörperlokalisation (Feldärztl. Beilage d.M.m.W. 1915, No. 36).

Fraenkel: Ein neues röntgenologisches Fremdkörperlokalisationsverfahren (D.m.W. 1916, No. 19, S. 575).

Frensdorff: Rechnerische Bestimmung der Lage von Fremdkörpern (Feldärztl. Beil. d.M.m.W. 1916, No. 34).

Freund und Praetorius: Die radiologische Fremdkörperlokalisation bei Kriegsverwundeten (Urban und Schwarzenberg, Berlin-Wien 1916).

v. Fründ: Fremdkörper und Fremdkörperbestimmung. (Beitr. z. klin. Chir. 1916, Bd. 103, S. 354—372).

Fürstenau: Ueber einen neuen Röntgentiefenmesser (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 1907, Bd. XI, S. 281.

— Ueber den Röntgentiefenmesser. (Verhandl. der Deutschen Röntgengesellschaft 1909, Bd. V, S. 131).

Gillet: Methode der Lagebestimmung mittels Röntgenstrahlen (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. X, Heft 2, S. 108.)

— Neue Erfolge in der Bestimmung der Lage der Fremdkörper mittels Röntgenstrahlen (M.m.W. 1910, No. 35, S. 1838).

Grashey: Technik der Fremdkörperlokalisation (in von Schjerning Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkriege 1914—1918, Jhrg. 1922, Bd. IX).

— Röntgenoskopische Operationen im taghellen Raum (Beitr. z. klin. Chirurgie 1910, Heft 1, S. 175.

Gruenhagen und Runge: Zur röntgenologischen Tiefenbestimmung von Fremdkörpern (Feldärztl. Beil. d.M.m.W. 1915, No. 33).

Hansen: Eine einfache Methode zur röntgenologischen Lagebestimmung von Fremdkörpern (Med. Welt 1928, No. 4, S. 149).

Hartert: Eine sichere röntgenologische Methode zur Geschoßlokalisation (Feldärztl. Beil. d.M.m.W. 1914, S. 2451).

Hasselwander: Ueber die Anwendung der Stereophotogrammetrie des Röntgenbildes in der feldärztlichen Tätigkeit (M.m.W. 1915/44).

— Ueber die Anwendung und den Wert der stereoröntgenogrammetrischen Methode (M.m.W. 1916, No. 21, S. 761).

— Die Bedeutung röntgenographischer und röntgenoskopischer Methoden für die Fremdkörperlokalisation (M.m.W. 1917/21, S. 698).

— Gefahren für die weitere Entwicklung der Röntgenstereoskopie (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 40, H. 2).

— Ueber den weiteren Ausbau der Raumbildmessung am Röntgenstereogramm (Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Societät zu Erlangen. Bd. 67, S. 423—437).

Heberle und Kaestle: Einfachstes Verfahren zur röntgenoskopischen Fremdkörperlokalisation (Aerztl.Beil.d.M.m.W. 1916, No. 34.

Heineke und Tietze: Steckengebliebene Fremdkörper u. ihre Entfernung in v. Schjerning, Handb. d. ärztl. Erfahrung im Weltkriege 1914—1918, 1922, Bd. I.

v. Hilgenfeldt: Vereinfachung der Röntgenoperationen (Zentralblatt f. Chirurgie 1902, No. 51, S. 3042).

Hirsch: Die v. Hofmeistersche Ringmethode zur Fremdkörperlokalisation (Deutsche med. Wochenschrift 1918, No. 11, S. 298).

Holzknecht: Fremdkörperlokalisation. M.m.W. 1914, No. 45.

— Die operative Aufsuchung der Fremdkörper unter unmittelbarer Leitung des Röntgenlichtes. (M.m.W. 1916, No. 6).

Holzknecht u. Wachtel: Das Fremdkörpertelefon (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1915/37).

Holzknecht und Mayer: Durchleuchtungslokalisation mittels der Blendenränder (M.m.W. 1916, No. 14).

Jödicke: Ein Kugelsucherapparat (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1913, No. 20).

Katzenstein: Ueber einen Röntgen-Stereo-Orthodiagraphen nach Beyerlen (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1917, No. 41.

Knothe: Einfache Methode zu einer exakten sowohl geometrischen wie anatomischen Tiefenbestimmung von Fremdkörpern (M.m.W. 1928, No. 44, S. 1876).

Köhler: Zur Vereinfachung der röntgenologischen Fremdkörperlokalisation (D.m.W. 1916, No. 25, S. 752).

Kreuzfuchs: Eine einfache Lokalisationsmethode (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 13. S. 243).

Kunz: Die operative Entfernung von Geschossen mittels einer neuen Lokalisationsmethode (Orientierungsmethode). Feldärztl. Beil d. M.m.W. 1915, No. 33.

Loewenthal und Nienhold: Ueber elektrische Fremdkörpersonden (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1915, No. 33.

Meisel: Ein neues Lokalisationsverfahren mittels metallischer Koordinatensysteme (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1915, No. 15).

Mohr; Das Mohr-Seeger'sche Lagebestimmungsverfahren nebst Beschreibung einer neuen Vorrichtung zur Normalstrahlführung (Beitr. z. klin. Chir. Bd. 107, S. 354).

Müller: Eine einfache Methode zur Bestimmung des Tiefensitzes von Fremdkörpern mittels Röntgenstrahlen (M.m.W. 1909, No. 32, S. 1645).

Neumann: Eine neue Methode der Fremdkörperlokalisation (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1915, No. 48).

Rautenkrantz: Die Lokalisierung von Fremdkörpern in Brust und Bauch mittels der Stärkebinde (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1916, No. 10).

Sahatschieff: Eine einfache und sichere Fremdkörperlokalisationsmethode (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1916, No. 34.)

v. Schäfer: Die Vertikalpunktion von Knochensteckschüssen (Zentralbl. f. Chir. 1917, No. 19).

Scharfe: Ein einfacher Weg zur Tiefenbestimmung von Geschossen im Rumpfe (Berl. klin. Wochenschr. 1915, No. 28, S. 378).

Schmidt: Der Kugelsucher (Berl. klin. W. 1915, No. 7, S. 152).

Schwarz: Lokalisatorhaken (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1916, No. 20).

Trendelenburg: Ueber messende Röntgenstereoskopie (M. m.W. 1918, No. 8, S. 204).

Wachtel: Der Schwebemarkenlokalisator (Feldärztl. Beil. d. M.m.W. 1914, No. 16).

— Röntgenologische Lagebestimmung der Steckgeschosse mit Hilfe des faradischen Stromes (M.m.W. 1918, No. 2.

— Die klinoskopische Operation (Beitr. z. klin. Chir. Bd. 112, S. 620).

Wagener: Vereinfachtes Verfahren der Lokalisation von Fremdkörpern mit Hilfe meines Quadratfelderrahmens und Parallellineals. (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. 23, S. 444).

Würschmidt: Graphische Methode zur röntgenologischen Lagebestimmung von Fremdkörpern (D.m.W. 1916, No. 16, S. 485).

Lebenslauf.

Am 14. August 1910, wurde ich, Rudolf Miehr, in München als Sohn des Reichsbahnoberinspektors Arnulf Miehr und dessen Ehefrau Franziska, geb. Höß, geboren. Nachdem ich 5 Jahre in der Volksschule in Buchloe war, besuchte ich das Progymnasium in Schäftlarn und trat von dort nach vollendeter 6. Klasse an das Humanistische Gymnasium nach Kempten über. Nach bestandenem Abitur im Frühjahr 1931 begann ich an der Hochschule zu München das medizinische Studium. Während der folgenden Semester studierte ich in München und Erlangen. Ich bestand am 28. Oktober 1933 die ärztliche Vorprüfung und am 13. November 1936 die ärztliche Prüfung in Erlangen.

In meinem praktischen Jahr arbeitete ich bis jetzt $1^1/_2$ Monate an der Universitätsfrauenklinik in Erlangen und befinde mich seit 4 Monaten am anatomischen Institut derselben Universität als Medizinalpraktikant.